E/CONF.39/A/322
2 Nov.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.1.1

United States of America

MODERN TECHNIQUES AND INSTRUMENTS FOR SURVEYS AND MAPPING

By Geo. D. WHITMORE,
Chief Topographic Engineer,
U.S. Geological Survey,
Washington, D.C.

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

MODERN TECHNIQUES AND INSTRUMENTS FOR SURVEYS AND MAPPING

by Geo. D. Whitmore
Chief Topographic Engineer
U.S. Geological Survey
Washington, D. C.

1. There can be no question that orderly evaluation and efficient utilization of any country's resources require certain geographic and topographic information in the form of reliable maps based on ground and aerial survey data. In those countries where existing surveys and maps are meager, the initial task may be the preparation of temporary map substitutes, or small-scale maps of a reconnaissance nature, based almost entirely on aerial photography and other air-survey data. In those countries where national surveying-mapping programs are already in progress, and a surveying-mapping establishment already exists, the initial task may be rapid expansion and modernization of the program and the establishment. In any case, the use of some of the modern techniques and instruments that have become available during recent years will be involved. It is the purpose of this paper to describe briefly some of these modern developments, and to indicate in general terms when they might be used to advantage. References to literature describing the principal items in greater detail are given in the footnotes for those who desire more complete information.

2. Although the emphasis in this paper is on modern techniques and instruments, it is well to heed a note of caution at the outset: i.e., a technique or instrument will not necessarily be universally applicable, or best satisfy all needs, only because it is the most modern. To determine, for any specific national program or local project, which of several applicable procedures is most advantageous, whether old or new, requires a thorough understanding of 1) the available procedures, 2) the users' requirements, and 3) the factors that tend to limit the choice of procedures. Among the more important of the requirements and factors that must be considered are: the type of survey or map needed; the map scales to be used; the degree of accuracy required for control surveys[1] and mapping[2]; the size and shape of the area to be covered; the allowable time schedule; the available funds; any unusual characteristics of terrain, climate, or forest foliage; and the technical competence of available personnel.

3. The following paragraphs 4 to 30 deal with specific techniques or instruments that might be included as steps in any selected over-all procedure. For convenience, these items are grouped under four principal headings, namely, control surveys, aerial photography, photogrammetric procedures, and preparing maps for reproduction. Although no procedure would include all of the techniques and instruments mentioned, it is likely that any over-all procedure which might be adopted would necessarily include some of them.

CONTROL SURVEYS

4. For control surveys of any degree of accuracy or for any purpose, there

[1] Horizontal specifications are given in: Specifications for fundamental geodetic networks, Travaux de l'Association International de Geodesie, 21, 53-57 (1962). Vertical specifications are given in: International resolutions relative to levelling of high precision, Bulletin Geodesique 61, 176-185 (1939).

[2] Symposium on the National Map Accuracy Standards, Surveying and Mapping, 20, 427-457 (1960).

are now available new instruments and techniques that were unknown a generation ago, and which, under certain conditions, will result in the work being accomplished faster, more accurately, and at lower costs.

5. Distance measurements for control surveys are now accomplished mainly by new scientific instruments which exploit the modern techniques of electromagnetic wave transmission and electronics. These instruments can be used to advantage whenever there is a continuing control-survey program involving numerous precise measurements of triangulation base lines or traverse courses.

(a) In the geodimeter,[3] developed in Sweden, a modulated light beam is directed from apparatus set up at one survey station to a reflector set up at a second station. The distance between the two stations is determined as a function of the velocity of light and the phase relationships between the emitted beam and the reflected beam at various modulation frequencies. This operation requires clear weather, darkness (although the latest model permits short measurements in daylight), and an unobstructed path between the two stations. Several different models are available, the smallest being suitable for distances as short as 2 or 3 miles, while the largest can be used for precise base lines of as much as 30 miles.

(b) In the tellurometer,[4] developed in South Africa, a modulated continuous-wave radio signal is transmitted from a master unit at one survey station to a remote unit at a second station, where it is, in effect, received and retransmitted to the first unit. The distance is the product of the measured transit time and the known velocity of radio waves. The tellurometer can be operated in daylight or darkness and can penetrate haze, smoke, fog, clouds, light rain, and a limited amount of foliage. Its operation is affected by reflections from nearby moving objects, such as waving grass or moving vehicles. The tellurometer is used to best advantage for measurements in the range of 10 to 25 miles, although it has been used successfully up to 40 miles under good conditions, and, if great accuracy is not necessary, can be used on distances as short as one mile or less.

(c) The electrotape,[5] an American development, operates on the same basic principle and has the same applications as the tellurometer, although it differs in details.

6. In the measurement of angles, the standard instrument of today, by almost universal acceptance, is the optical-reading theodolite, an instrument which has ultra-precise graduations on glass circles that are read to a fraction of a second of arc by means of a special optical micrometer. These theodolites are fully as accurate as the older, heavier, more cumbersome instruments. The use of optical-reading theodolites is therefore generally regarded as advantageous in all types of surveys involving measurement of angles.

7. A new portable surveying tower[6] for elevating theodolites, signal lights and electronic distance-measuring instruments to any height up to some 80 feet above the ground, is being used experimentally in the United States. Each unit consists of the usual two tripod towers--an outer one for the observer, and an independent inner one for the instrument. In comparison with towers previously available, the new towers, fabricated from tubular aluminum, are much lighter in weight, and can be assembled and erected more rapidly by only two men. The entire double-tower unit can be transported trailer-fashion behind a light truck, in which case the trailing wheels are attached to the outer tower and remain in place when the tower is erected, or it can be moved by helicopter. Indications are that this type of portable tower

---

[3] Bergstrand, E., Measurement of distances by high frequency light signalling, Bulletin Geodesique, 11, 8-92 (1949).

[4] Wadley, T.L., The tellurometer system of distance measurement, Empire Survey Review, 14, 100-111, 146-160 (1957).

[5] Heape, R.E.,Jr., Electrotape: electronic distance measuring equipment, Surveying and Mapping, 22, 265-9 (1962).

[6] Whitmore, G.D., Portable triangular surveying tower, Civil Engineering 32, 69 (1962).

will be advantageous, on surveys of second- and lower-order accuracies, in terrain where the local obstructions are not more than about 70 feet in height.

8. Extensive experiments are underway in the United States with a technique for extending ground-survey control for mapping, which utilizes a combination of ground and air measurements. The method involves distance measurements and horizontal and vertical angle measurements from at least two, and preferably three, strategically located existing control stations to a helicopter as it hovers vertically over each desired new control point.[7] Accurate hovering is facilitated by a newly developed "hoversight" which faithfully indicates the vertical to the pilot, so that he can see when he is directly over the ground point. The helicopter hovers at a height just great enough so that it can be seen from the occupied ground stations, and a special plumb-line cable and drum are used to measure the hovering height. When the pilot signals by radio that he is over the point, azimuths and vertical-angle readings are made to a target light on the helicopter from the theodolites at the ground stations. At the same time, electronic distance measurements are made by a hydrodist (similar to tellurometer) installation, from a master unit at each ground station to a remote unit in the aircraft. Preliminary tests indicate that this technique will be advantageous in forested areas on control where third-order positions and fourth-order elevations are sufficient.

9. For determining differences of elevation accurately, the most up-to-date instrument is the self-compensating level.[8] This instrument operates so that, after it has been leveled only approximately, the collimation axis is automatically made exactly level by a gravity-sensitive compensator, similar in principle to the pendulum. This feature speeds operations by reducing the need for great care in instrument setup and eliminating the need for frequent releveling. The new level thus is generally regarded as advantageous, particularly for leveling of second- and third-order accuracies. For planetable surveys, self-leveling alidades, called pendulum alidades,[9] are also now available.

10. On projects covering large areas, when elevation differences not better than fourth-order accuracy are needed, the use of an American instrument utilizing the pendulum principle, and called the elevation meter[10] may sometimes be economical. The equipment is mounted in a four-wheel-drive automotive vehicle provided with four-wheel steering. As the vehicle proceeds along the road, an electromagnetic field acts on a very sensitive pendulum in such a way as to generate an electrical signal whose strength is proportional to the sine of the angle of slope. Another electrical signal is generated by a revolution counter connected to a special fifth wheel which measures each small increment of distance traveled. By means of an electronic integrator, the two signals are automatically combined into a continuous record of the difference of elevation from an initial starting point. Proceeding at moderate speeds over readily passable roads, the elevation meter can produce about 50 to 100 miles of fourth-order leveling per day. It can be used for rapidly determining approximate elevations, accurate within 10 to 30 feet, on long cross-country lines, but it can also provide elevations accurate to within two feet, if all lines are within closed circuits, if some main lines are double run, and if all closures are properly distributed mathematically. This equipment, however, whether leased or purchased, would prove to be economical only on projects which cover relatively large areas, and which have a network of suitable roads.

11. The use of modern electronic digital computers can remove much of the drudgery from repetitive survey computations. Furthermore, the work can be produced

[7]Buckmaster, J.L., Loving, H.B., and Dando, T.O., Airborne control system, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 450-E (1962) in preparation.

[8]Ellenberger, H., Das automatische Nivellier, Uberblick uber den Stand der Entwicklung, Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Jahrgang 1955, 325-334.

[9]Bolter, Ward H., The Self-Indexing Alidade, Surveying and Mapping, 16, 157-163 (1965).

[10]Burger, T.C., Use of elevation meter in topographic surveying, Surveying and Mapping, 21, 481-7 (1961). See also Speert, J.L., New elevation meter for topographic surveys, U.S. Geol. Surv. Prof. Paper 450-B, 141-2 (1962).

very rapidly, and often at large savings in costs. Once a computer program has been prepared for a given type of computation, it is only necessary to change the input data for each particular case; the same program can be used again and again. Computer programs have been prepared for such survey tasks as computation and adjustment of traverse and triangulation. The possible economy or other advantage of such a computer should always be carefully investigated when several man-years of work would be required by the older procedures. While it is true that very few surveying programs by themselves would justify the high cost of full-time lease or purchase of such a computer, it may often be profitable to hire such service on an hourly basis.

12. For each project, the most economical and satisfactory means of transporting men and equipment to the places where surveying observations are to be made must be carefully selected. For terrain where access is difficult, the possible use of helicopters[11] should not be overlooked. Experience shows that, although the hiring of helicopters with pilots and mechanics is very costly, the time gained will often result in lower over-all costs. Furthermore, when rapid completion of the work is a requirement and access is difficult, helicopters may be a necessity regardless of cost. It is also to be noted that the use of helicopters usually would not be efficient without portable two-way radios. In fact, such radio communication is a practical necessity in many other modern surveying procedures, as in electronic distance measuring.

AERIAL PHOTOGRAPHY

13. Aerial photographs and other air-survey data are available in a variety of forms, each of which has its uses, depending on the kind of product desired and the conditions pertaining to the particular project at hand. Aerial photography should be specially designed for each different area or individual project; for example, in some cases, two or more different types of photography, at two or more different altitudes may be required. In every case, the planning should provide for all air-survey data to be fully useful, not only for the desired long-range products, but also for any temporary products that may be necessary, and for all data to be fully compatible with the available photogrammetric equipment and techniques.

14. In the United States, the two types of aerial camera lenses currently in most common use are the 210-mm normal-angle (65°) and the 153-mm wide-angle (90°). Recently, there have become available new 88-mm super-wide-angle (120°) cameras[12] which, in comparison with the wide-angle camera, offer more economical coverage at a more favorable base-height ratio. The larger coverage per model reduces ground-survey control requirements, and the more favorable base-height ratio gives better angles of ray intersections, which improves the accuracy of height determinations. A possible disadvantage, however, is that super-wide-angle photography at the same altitude would be at a much smaller scale. Also, if the terrain is covered with dense forests, the ground between the trees is visible less frequently than in the narrower-angle photography. Likewise, there are likely to be more invisible areas in rugged terrain. Nevertheless, for many mapping requirements super-wide-angle photography may offer important advantages.

15. Some notable advantages have been gained during the past 12 years by a twin-low-oblique camera arrangement[13] and related plotting equipment. The cameras are usually the same 153-mm wide-angle cameras used in vertical photography, but two are used together in a precisely synchronized arrangement. When the lens-to-lens axis of the camera couple is parallel to the line of flight, the product is called convergent photography; when the axis is perpendicular to the flight line, it is called transverse photography. Convergent photography, having an air base about twice as long as that for comparable vertical photography, has some of the advantageous features of super-wide-angle photography and has been widely used in the preparation of

[11] Fitzgerald, G., Helicopter revolutionizes topographic mapping of remote areas, Civil Engineering, 24, 798-801 (1954).

[12] Wey, O., Small-scale mapping, Photogrammetric Engineering, 27, 148-50 (1961).

[13] Hopkins, B.T., Radlinski, W.A., Thompson, M.M., Twin low-oblique photography and the twinplex plotter, Geological Survey Circular 222 (1952).

topographic maps of standard accuracy. In transverse photography, determination of elevation and position in the stereomodels is less accurate, but there is a considerable increase in the width of stereoscopic photo coverage perpendicular to the flight line. Thus transverse photography is well suited for reconnaissance mapping. Twin-low-oblique photography has certain minor disadvantages, as compared to vertical, including the need for a special camera mount and corresponding alterations to the fuselage of the aircraft, and the need to make transformed prints if photographs having uniform scale are required. For an organization newly considering the use of photography having a large base-height ratio, super-wide-angle photography will probably hold more promise. The intriguing possibilities of using super-wide-angle cameras in a twin-low-oblique arrangement should not be overlooked for small-scale mapping, and research in this direction can surely be expected.

16. There are now available several types of dimensionally stable film bases[14] produced from either polycarbonate or polyester plastics, which, in comparison with acetate film, have only about one-third the humidity and thermal coefficients of linear expansion, and far less differential distortion. For ultra-precise work, such as analytical aerotriangulation, a reseau may still be required with the new film base, but for most purposes the distortions due to film instability can be ignored.

17. Infrared photography[15] has been improved recently with the development of better emulsions and new camera lenses specifically designed to achieve optimum photographic quality with infrared film. An important advantage of infrared photography is its ability to penetrate atmospheric haze. It is also well known that water features, tree types, vegetation classifications, and soil-structure differences are more readily distinguishable on infrared photographs than on conventional black-and-white. It may therefore be economical, in some instances, to procure infrared photography as an aid in interpretation, in addition to the usual black-and white photography.

18. When aerial photography is required for an area having suitable flight maps, flight navigation usually is carried out by visual comparison of the ground and the flight map. If there are no suitable flight maps, a navigation system based on certain electronic and wave phenomena may be used. Any one of several electronic tracking methods[16] (including Shoran, Hiran, Raydist, Decca, or the latest development Shiran) can be used to obtain the position of each photographic exposure station with respect to two or more fixed ground stations, or to keep the aircraft on a predetermined flight path. These methods are feasible when ground stations can be occupied without excessive difficulty. The Doppler system,[17] which is entirely airborne, is suitable for air navigation over extensive areas where the difficulty of access makes establishment of ground stations impractical or too costly.

19. When approximate elevations of the ground trace of the flight line would be helpful, use of the radar altimeter[18] should be considered. This is a terrain-clearance instrument, entirely airborne, which continuously determines height of aircraft above the ground by "bouncing" a radio beam off the ground beneath. An automatic recorder then plots the profile of the ground along the aerial flight path with respect to the isobaric surface. The difference between aneroid elevations and

---

[14] Calhoun, J.M., Adelstein, P.Z., Parker, J.T., Physical properties of Estar polyester base aerial films for topographic mapping, Photogrammetric Engineering 27, 461-70 (1961).

[15] Swanson, L.W., Photogrammetric surveys for nautical charting, use of color and infrared photography, Photogrammetric Engineering 26, 137-141 (1960).

[16] International Symposium on Electronic Distance-Measuring Techniques, Journal of Geophysical Research, vol. 65, 461-528 (1960).

[17] Meier, H., The use of Doppler radar in present and future mapping operations, Photogrammetric Engineering, 25, 632-5 (1959).

[18] Slama, C.C., Evaluation of an APR system for photogrammetric triangulation of long flights, Photogrammetric Engineering, 27, 62-78 (1961).

tne official vertical datum for the area, such as mean sea level, may be determined by having the aircraft fly over a suitable feature of known elevation, such as a body of water or an airport, whenever convenient. This method can yield ground elevations with accuracies in the range from 5 feet to 50 feet.

20. During the past few years there has been intensive development of various all-weather sensing devices,[19] including PPI (plan position indicator) radar, SLR (side-looking-radar), and the infrared sensors, as well as the Doppler radar and radar altimetry devices already mentioned. The primary advantage of these sensors is that they are operative day or night and in all weather. An important advantage of PPI is its ability to establish a uniform horizontal scale with an accuracy acceptable for reconnaissance charting purposes. PPI photography is at a very small scale and its resolution is weak, while SLR strip photography is at a much larger, though less uniform, scale with much better resolution; hence PPI and SLR are best used jointly to obtain the best combination of scale and resolution. The sensor devices make it possible to get fast, economical coverage for large expanses of territory, so that small-scale planimetric maps can be rapidly produced for preliminary planning or for flight maps for standard photography. It must be remembered, however, that radar altimetry must be included in the system if elevation data are required. In view of these factors, it is evident that the sensing devices are essentially applicable for extensive reconnaissance-survey data rather than for conventional air-survey data for standard mapping.

PHOTOGRAMMETRIC PROCEDURES

21. A variety of photogrammetric techniques and instruments are available for converting aerial photographs and other source data into maps or survey data. These range from simple procedures for results of relatively low precision, to elaborate systems for products of high accuracy. In any case, the combination of aerial source data, photogrammetric equipment and operational procedures must be compatible in every respect. As the well-established procedures are fully described in an extensive body of literature,[20] only certain of the recent developments will be noted in this paper.

22. Stereoscopic plotting instruments, which are the means by which modern photogrammetric techniques are used for the extraction of survey data and for the actual plotting of map detail, have been improved tremendously through an endless series of inventions and modifications that has now been going on for some 30 years. Although there are wide differences in the mechanical details, practically all stereoscopic mapping instruments are composed of 3 principal elements: 1) a projection system for orienting and projecting photographs stereoscopically, 2) a viewing system to give the observer the impression of a miniature model of the terrain, and 3) a measuring system for determining horizontal and vertical distances in the model. In western Europe there has been much emphasis on the so-called "first-order plotters," which are generally of an extremely complex design and capable of very high quality work, but which are also quite costly. American emphasis has been on the more economical, although somewhat less accurate and versatile, plotters of the multiplex type, which operate on the principle of simple optical projection and direct viewing. The original multiplex itself, with its small-size diapositives and inferior illumination, is now outmoded and has largely given way to its successors which use larger diapositives made practical mainly by improved lighting systems. The selection of stereoscopic plotting instruments for a photogrammetric facility should be based on the nature of the long-range surveying-mapping program. In many instances, a diversity of instruments is required. For this reason, some surveying-mapping organizations, on both sides of the Atlantic, are equipped with both first-order and lower-order instruments, although the emphasis may be on one

---

[19] Symposium, Infrared and radar photo interpretation, Photogrammetric Engineering, 26, 610-656 (1960).

[20] American Society of Photogrammetry, Manual of Photogrammetry, 1952. This manual contains a list of publications in the field of photogrammetry.

or the other. Meanwhile, the current situation in instrumentation is marked by two principal trends: a) accelerated development of super-wide-angle equipment, and b) automation of plotting equipment.

23. Several kinds of stereoscopic plotters designed to utilize super-wide-angle photographs have been produced, both in Europe and the United States. The American instruments follow the general principles of the multiplex, but have improved projectors such as the ER-55 and Kelsh types. In Europe, both multiplex-type and autograph-type plotters for super-wide-angle photography are now available. At least one of the autograph-type instruments accommodates both wide-angle and super-wide-angle photography, which could be an important consideration for a new photogrammetric facility, as it would permit the same instruments to utilize either type of photography.

24. Several new techniques and instruments for aerotriangulation have been developed during recent years. These are all aimed at increasing the density of control points beyond that available from existing ground surveys, or with only a minimum amount of new ground surveys.

(a) The simplest of the new techniques is the stereotemplet method[21] for extending horizontal control. It differs from conventional radial triangulation techniques in that the stereotemplet is representative of the horizontal plot of a stereoscopic model rather than of a single photograph. Hence, it contains no significant displacements due to relief or tilt. This is probably the most economical procedure for horizontal control extension for maps at scales as large as 1:25,000 that are intended to conform to standard accuracy requirements.

(b) The Jerie-ITC mechanical analog computer,[22] developed in Holland, is a unique system of mechanical devices for determining, by separate horizontal and vertical adjustments, the most accurate positions and elevations of pass points within a block of several previously bridged strips of photographs. The accuracy of the horizontal positions obtained by this method was found in an American experiment to be slightly better than that obtained by the stereotemplet method, but the operation was more costly. On a vertical test area, the adjustment resulted in a mean square error of 3 feet and a maximum error of 8 feet in the elevations of pass points.

(c) Analytical aerotriangulation[23] has been given new impetus by the advent of a wide variety of electronic computers. Several different computational procedures have been devised, both in Europe and North America, not only for the block adjustment of several previously bridged strips, but also for the entire photogrammetric triangulation operation, starting with measurements of photoimage coordinates, through use of new stereocomparators and photo-point transfer devices. Although its economy is yet to be proved, the analytical approach has a great potential as a means of developing and adjusting blocks of horizontal and vertical control, and further developments may come rapidly. At this stage, however, it usually would not be advisable for a new organization to undertake a program of analytical aerotriangulation without first becoming proficient in the more established methods.

25. In a new American process, perspective photographs can be converted to equivalent orthographic photographs, called orthophotographs[24]. This product contains no significant displacements caused by tilt or relief and therefore all imagery

---

[21] Scher, M.B., Stereotemplet triangulation, Photogrammetric Engineering 21, 655-663, (1955).

[22] Jerie, H.G., Block adjustment by means of analog computers, Photogrammetria, 14, 161-176 (1957-1958).

[23] Harris, W.D., et al., Analytical aerotriangulation in the Coast and Geodetic Survey, Photogrammetric Engineering, 28, 44-69 (1962). See also Dodge, H.F., Analytical aerotriangulation by the direct geodetic restraint method, Photogrammetric Engineering, 25, 590-595 (1959).

[24] Southard, R.B., Orthophotography - its techniques and applications, Photogrammetric Engineering, 24, 443-451 (1958).

is in correct relative position and the scale is uniform throughout. Useful map substitutes may be made by mosaicking individual contiguous orthophotographs, at the same scale, into map format. Orthophotographs, either as prints of single models or as mosaics, have already been successfully used by geologists and other scientists in field investigations, as preliminary planimetric maps or map substitutes, as a medium for testing the horizontal position accuracy of existing maps, and as a means of facilitating certain map-revision operations.

26. Orthophotographs are produced on an American instrument called the orthophotoscope,[25] which combines conventional double-projection anaglyphic mapping equipment with a means of exposing a sensitized film incrementally, through a narrow slit in a movable screen on which the model is projected. The elevation of the film is continually varied according to the terrain; thus the film is differentially exposed by the projected blue image (the red is non-actinic), always at the correct elevation. Detailed plans for manufacture of the orthophotoscope can be supplied by the U.S. Geological Survey.

27. A promising Canadian instrument,[26] now under development by an American company, embodies a system of electronics and electromechanics which may be incorporated in a conventional plotting instrument to accomplish automatically the relative orientation of the projectors and, subsequently, the drawing of contour lines. Automation of photogrammetric instrumentation in another direction is exemplified by the use of modified mapping equipment in combination with electronic computing equipment to produce engineering data, such as earthwork quantities for highway location studies, directly from the stereoscopic model without requiring a complete topographic map as an intermediary.

PREPARING MAPS FOR REPRODUCTION

28. The greatest gains to be realized in preparing maps for reproduction have resulted from the procedure of scribing[27] on coated plastic sheets. The scribing medium is a thin transparent plastic sheet coated with a translucent but photographically-opaque paint, on which a facsimile of the original map is reproduced by photographic printing, using a special emulsion that has been applied directly on the coated surface. Map detail is engraved, or scribed, by cutting the required map lines and symbols through the coating, with each separate color of the final map being scribed on a separate plastic sheet. Each scribed sheet is, in effect, a negative, from which a press plate can be prepared directly by contact printing. The scribing technique is also being increasingly used on planetable sheets in the field, and on photogrammetrically prepared map drawings.

29. "Stickup" lettering of high quality can now be provided quickly by new photo-type composing machines,[28] which produce positive film copy of the desired lettering from a wide variety of available type sizes and styles. The copy may be used as produced, but for normal use copies are reproduced on stripping film. Because these machines require a substantial investment they would probably not be economical, in comparison with conventional hand-set type and press-printed "stickup," except for large operations.

30. It is noteworthy that the negative scribing process facilitates production of certain useful by-products and interim materials. For example, a positive composite film is readily made by successively contact-printing each of the scribed color-separates plus the names overlay to a transparent film, and this in turn can be used to reproduce any number of ozalid-type monocolor prints. These are useful

---

[25] Bean, R.K. and Thompson, M.M., Use of the Orthophotoscope, Photogrammetric Engineering, 23, 170 (1957).

[26] Hobrough, G.L., Automatic Stereo Plotting, Photogrammetric Engineering, 25, 763-769 (1959).

[27] Inter-Agency Committee on Negative Scribing, Report on Scribing, Part I, (1957); Part II, (1958-60); Part III, (1958) U.S. Geological Survey.

[28] The Lithographers Manual, vol. 1, Resources for copy preparation, pp. 4:93-114, Waltwin Publishing Co., New York (1958).

for checking and editing, and also as a provisional edition for map users until the final reproductions are press-printed. For final editing and proving, a color composite can be conveniently made in a properly-equipped photographic laboratory by preparing a photo-print in a series of contact exposures, using each scribed separate, in turn, with an appropriate color-producing emulsion that is applied on the sheet prior to each exposure, and which is completely processed before another emulsion for another color is applied.[29] This photo-print, in colors similar to those of the final published map, serves well as a low-cost substitute for a press-printed proof when only a few copies are required.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

31. In the foregoing pages, numerous modern procedures and instruments for surveys and mapping have been described in a general way, to show technical possibilities. The questions that remain for those concerned with the planning of new programs of surveying and mapping might well be these: Which of these procedures and instruments should be selected for the specific task at hand? Who should do the work? How long will it take? How much will it cost--for capital investment and annually for operations?

(a) It would be a useful service if a tabulation could be prepared to show exactly which procedures and instruments should be applied to any given surveying and mapping task, and how much money would be required to perform each phase of the work. Experience shows, however, that schedules of procedures and costs for unprecedented survey operations are tenuous things, because the factors entering into them are so varied and complex.

(b) Instead of including in this paper estimates of probable costs or manpower requirements, which may be out of step with local conditions, or recommending procedures that may not be applicable because of lack of trained personnel, lack of equipment, or other obstacles, it seems more appropriate to suggest the following over-all approach: That officials charged with formulating a surveying-mapping program should first consider all the methods that have a possible application to the specific task; and that they should then obtain as much information as possible about each applicable method from literature such as that referenced in this paper, and from consultations with recognized authorities, including conferences with appropriate agencies of other countries. It should then be possible to appraise the relative advantages and disadvantages of the various alternative procedures available and applicable to the task at hand, and to select the most practical combination of procedures. If the capital investment required to establish an operating facility is excessive, or if the time needed is too long, consideration should be given to having the work done, in whole or in part, by a qualified private-practice organization.

32. There is every reason to expect that in the near future more advances will be made in the surveying and mapping sciences which will cause even the procedures outlined here to be outmoded. For example, we can expect to see a practical instrument for automatic contouring, an economical process for analytical aerotriangulation, and the use of new sensing devices to replace or supplement optical photography so that haze, foliage and even clouds will no longer impede aerial surveying of areas currently blanked out by these obstacles. Through the sharing of knowledge of new developments as they occur, advances in the field of surveying-mapping can more quickly help to bring about a better life for people all over the world.

---

[29] Army Map Service Bulletin No. 36, Edition 1-AMS, 6-15 (1959).

1492 E - Nov.1962 - 1,6

E/CONF.39/A/323
2 Nov.1962
ORIGINAL : RUSSIAN

КОНФЕРЕНЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ
ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ МЕНЕЕ РАЗВИТЫХ РАЙОНОВ

ПУНКТ ПОВЕСТКИ ДНЯ: A.3.2.2

СССР

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ И СЛУЖБА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ О НАВОДНЕНИЯХ В СССР

Составил Е. Г. ПОПОВ.

Документы, составленные для Конференции Организации Объединенных Наций по вопросу о применении научных и технических знаний для удовлетворения потребностей менее развитых районов, служат в качестве рабочих документов для этой Конференции. Они опубликованы в том виде, в каком были представлены их составителями, и их содержимое и выраженные в них мнения принадлежат их составителям (см. примечания на оборотной стороне).

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Документы, включенные в число материалов, принятых для обсуждения на общих сессиях, будут в распоряжении делегатов Конференции на следующих официальных языках Организации Объединенных Наций: русском, английском, испанском и французском.

2. Документы, включенные в число материалов, принятых для обсуждения на специализированных сессиях, будут в распоряжении делегатов Конференции только на одном из этих официальных языков.

3. Резюме всех документов в том виде, в каком они были представлены их составителями, будут в распоряжении делегатов Конференции на следующих официальных языках Организации Объединенных Наций: русском, английском, испанском и французском.

4. До открытия Конференции документы и резюме не будут выпущены для общего распространения. Они будут опубликованы заблаговременно только в ограниченном числе экземпляров и исключительно для правительственных делегаций и других правомочных участников. Последующие опубликование и рассылка трудов Конференции будут обеспечены в соответствии с практикой Организации Объединенных Наций, как это установлено ее Издательским комитетом.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ

И СЛУЖБА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЙ О НАВОДНЕНИЯХ В СССР

Е.Г.Попов.

В с т у п л е н и е.

Гидрологические прогнозы - один из важнейших аспектов прикладной гидрологии.Осветить с исчерпывающей полнотой все вопросы этой широкой научной проблемы в кратком докладе не представляется возможным.Цель доклада - дать общее представление о значении гидрологических прогнозов в народном хозяйстве,о важнейших видах прогнозов и их методической основе,о принципах оценки эффективности методики прогнозов,об организации службы гидрологических прогнозов.

I.Гидрологические прогнозы и их значение в народном хозяйстве.

Жизнь,хозяйственная и культурная деятельность людей настолько тесно связаны с использованием природных вод,что повседневное знание их состояния и предвидение изменений в их режиме,в том числе предвидение опасных явлений,стали необходимостью.

Особое значение гидрологические прогнозы приобретают в плановом социалистическом народном хозяйстве.Они необходимы для планирования выработки электроэнергии и назначения режима работы искусственных водохранилищ,для планирования работы водного транспорта,размеров посевных площадей и распределения воды между ирригационными системами и отдельными хозяйствами.Большое значение гидрологические прогнозы имеют также для борьбы с опасными явлениями на реках.Своевременные предупреждения о наводнениях или маловодье рек позволяют принять необходимые меры для спасения жизни людей и материальных ценностей,а также свести к минимуму ущерб,приносимый этими стихийными бедствиями.Возможность предвидеть на основании прогнозов об"ем и максимальные расходы паводков позволяет более экономно проектировать системы регулирования стока и уменьшать размеры водопропускных сооружений и тем снижать их стоимость.Это имеет особенно большое значение при создании водохранилищ сезонного и многолетнего регулирования стока на больших реках.

Гидрологический прогноз представляет собой предвычисление того или иного элемента режима,основанное на знании закономер-

ностей развития гидрологических процессов в конкретных условиях данной реки или озера. В отличие от таких наук, как физика и химия, в основе развития которых лежит лабораторный эксперимент, гидрология имеет дело с процессами, протекающими на громадных пространствах поверхности земли, в некотором ее толще и в атмосфере. Это затрудняет производство наблюдений и изучение гидрологических процессов и не позволяет учитывать в прогнозах все их многообразие и неравномерность по территории и во времени. По этой причине предвычисление интересующих нас элементов гидрологического режима не может быть однозначным и каждый прогноз должен содержать указания на вероятность различных значений предвычисляемых переменных.

Экономическая эффективность гидрологических прогнозов повышается с увеличением их заблаговременности и точности. Чем больше заблаговременность и точность прогнозов, тем больший экономический эффект дает их использование в планировании. Что касается предупреждений о наводнениях, то их эффективность остается высокой даже при относительно малой заблаговременности. Точность гидрологических прогнозов, как правило, снижается по мере увеличения заблаговременности. Поэтому большое значение для народного хозяйства имеет система последовательного уточнения прогнозов по мере уменьшения заблаговременности. Такая система уточнений позволяет корректировать ранее составленные планы, учитывая более точные прогнозы.

2. Характер и виды гидрологических прогнозов.

Характер и виды гидрологических прогнозов определяется тремя факторами: а/ спецификой отраслей народного хозяйства, в/ характером питания и режимом рек и озер, с/ наличием исходных данных и методическими возможностями предвычисления. Потребность в прогнозах сама связана с особенностями режима, поэтому наиболее важными для службы гидрологических прогнозов являются требования различных отраслей народного хозяйства к заблаговременности и точности прогнозов. Для целей годового планирования, эти требования, как правило, превышают реальные возможности предвычисления, поэтому, фактическая заблаговременность и точность прогнозов чаще всего определяется возможностями методов предвычисления.

Не имея возможности рассмотреть все виды выпускаемых в СССР гидрологических прогнозов, укажем лишь те основные признаки, по которым возможна их классификация. Такими признаками являются: а/ заблаговременность, в/ элементы режима, с/ методика предвычисления, d/ целевое назначение прогнозов.

По признаку заблаговременности гидрологических, прогнозы делятся на долгосрочные и краткосрочные. К числу краткосрочных прогнозов условно относятся прогнозы, заблаговременность которых не превышает 15 дней. В зависимости от возможностей предвычисления, долгосрочные прогнозы имеют заблаговременность от 1 до 6 месяцев, а в отдельных благоприятных условиях до 12-ти месяцев. По элементам режима, гидрологические прогнозы можно разделить на а/ прогнозы элементов водного режима и в/ ледовые прогнозы. Последние включают долгосрочные и краткосрочные прогнозы сроков замерзания и вскрытия рек, озер и водохранилищ. Гидрологические прогнозы можно различать также в зависимости от их методики. По этому признаку, который определяет характер

необходимой для предвычисления информации, можно выделить: а/прогнозы, основанные на анализе процессов, происходящих в бассейне реки /поступление воды на поверхность, ее поглощение и стекание/, в/ прогнозы, основанные на знании закономерностей движения воды в русле, с/ прогнозы, методика которых основана на анализе метеорологических процессов. К таким прогнозам относятся, например, долгосрочные прогнозы сроков замерзания и вскрытия рек и некоторые другие. По целевому назначению наиболее важное значение имеют прогнозы для гидроэнергетики, водного транспорта и сельского хозяйства. Прогнозы наивысших уровней паводков представляют интерес для всех отраслей народного хозяйства и населения.

В настоящее время в СССР регулярно выпускается около 20 видов гидрологических прогнозов. Прогнозы выпускаются для участков рек и отдельных пунктов на реках, озерах и водохранилищах. Общее число долгосрочных прогнозов составляет свыше 10 тыс. в год. Число краткосрочных прогнозов превышает 120 тыс. в год.

Характерной особенностью режима рек СССР, имеющих равнинные водосборы, является весеннее половодье, обусловленное быстрым таянием скопившегося за зиму снега. Расходы воды в реках в этот период возрастают во много раз. Весенний сток многих рек составляет 50-70, а в отдельных районах до 90 процентов годового стока. В многоводные годы весеннее половодье сопровождается большими разливами рек и наводнениями. Для рек с высокогорными водосборами, характерно резкое увеличение расходов воды летом. Период больших расходов, составляет здесь около 5 месяцев. В течение этого времени, в соответствии с колебаниями температуры воздуха и выпадением дождей, наблюдается ряд следующих друг за другом паводков. В районах с большим количеством летних и осенних осадков, наблюдаются дождевые паводки, которые нередко сопровождаются разливами, а иногда наводнениями. Резкие колебания расходов, уровней воды и стока от паводка к паводку и от года к году, а также сроков замерзания и вскрытия рек, усиливают потребность в гидрологических прогнозах.

Прогнозы для гидроэнергетики. Для гидроэлектростанций выпускаются следующие прогнозы: а/ притока воды за сезон, в/ притока воды за три и один календарный месяц, с/ прогнозы наибольшего расхода половодья. Прогнозы весеннего стока равнинных рек выпускаются в конце февраля, когда запас воды в снежном покрове приближается к максимуму. Прогнозы притока за три и один месяц выпускаются 25 числа предшествующего месяца и используются для корректировки квартальных и месячных планов выработки энергии .

Прогнозы водного транспорта. Кроме перечисленных выше прогнозов, которые также интересуют водный транспорт, для судоходства выпускаются прогнозы сроков замерзания и вскрытия рек, а в период навигации, прогнозы средних и минимальных месячных уровней воды, а также краткосрочные прогнозы уровней заблаговременностью от 5 до 15 дней. По рекам, где судоходство возможно только в период половодья, выпускаются прогнозы продолжительности периода, в течение которого уровень воды превышает критический для судоходства.

Прогнозы для сельского хозяйства. Основными прогнозами для ирригации, являются прогнозы средних расходов воды за вегетационный /IУ-IX/ период. Эти прогнозы выпускаются в начале марта и уточняются в начале апреля и мая. Кроме этих прогнозов в период поливов, регулярно выпускаются прогнозы средних месячных и средних

декадных расходов воды, а также краткосрочные прогнозы наибольших расходов отдельных паводков.

3. Методика и форма выпуска прогнозов.

Как все природные явления, гидрологические процессы подчиняются законам физики. Протекая, однако, под влиянием географической среды, эти процессы отличаются исключительным многообразием и неравномерностью по территории и во времени. Это сильно ограничивает возможности измерений, анализа и расчета этих процессов и обусловливает широкое применение в прогнозах методов корреляционного анализа и приближенных решений. В рамках настоящего доклада мы коснемся методики только некоторых наиболее важных прогнозов.

Прогноз весеннего стока. Суммарный сток от таяния снега зависит от запаса воды в снежном покрове к началу таяния и от того, какое количество этой воды будет поглощено и задержано на поверхности речного бассейна. Первый фактор с той или иной степенью точности может быть определен путем измерений, что же касается количества поглощаемой воды, то оно зависит от характера поверхности водосбора, степени водопроницаемости почвы и соотношения между интенсивностью поступления и инфильтрации воды. Непосредственно измерить количество поглощаемой воды чрезвычайно трудно. Величину его, включая потери воды на испарение, можно определить по разности между запасом воды в снежном покрове и стоком.

Теоретической основой прогноза весеннего стока является уравнение водного баланса речного бассейна

$$y = (x - J - P)\cdot\Phi \qquad /1/$$

где y -сток, x -запас воды в снежном покрове, J - суммарная инфильтрация, P - поверхностное задержание, выраженные в мм, Φ - относительная площадь, с которой происходит сток в долях единицы /"действующая площадь"/.

Поверхностное задержание /P/ зависит от рельефа водосбора. Чем более плоский рельеф и чем больше на поверхности водосбора различных депрессий, тем больше поверхностное задержание. Действующая площадь /Φ/ связана с рельефом водосбора и инфильтрационной способностью почв. Для водонепроницаемого водосбора с неравномерным распределением поверхностей емкости переменная является функцией только слоя поступившей воды

$$\Phi(x) = \int_0^s \varphi(s)ds \qquad /2/$$

где s -слой заполнения в мм, а $\varphi(s)$ -функция его распределения по площади. Для водопроницаемого бассейна действующая площадь является функцией разности между количеством поступившей воды и суммарной инфильтрацией $\Phi = f(x - J)$. При $i < h$ $\Phi = f\left[\left(1 - \frac{i}{h}\right)x\right]$

где i -скорость инфильтрации, а h -скорость поступления воды на поверхность бассейна

$$\Phi(x - J) = \int_0^{\left(1-\frac{i}{h}\right)x} \varphi(s)ds \qquad /3/$$

Поверхностное задержание на действующей площади равно

$$P_\Phi = \int_0^{\left(1-\frac{i}{h}\right)x} s\varphi(s)ds \qquad /4/$$

Таким образом, сток, вызванный некоторым количеством поступившей воды x, в общем виде может быть выражен следующим интегральным уравнением

$$y = \left(1 - \frac{i}{h}\right)x \int_0^{\left(1-\frac{i}{h}\right)x} \varphi(s)ds - \int_0^{\left(1-\frac{i}{h}\right)x} s\varphi(s)ds \qquad /5/$$

Скорость инфильтрации, образующейся при таянии снега воды в

мерзлую почву зависит от характера почвы, ее влажности, температуры и глубины промерзания. Все эти факторы, а также запас воды в снежном покрове, с той или иной степенью точности, могут быть оценены на основании данных наблюдений до начала снеготаяния. Это и дает возможность для прогнозов стока. Определить непосредственно для каждого бассейна функцию распределения $\varphi(s)$ очень трудно. Поэтому практически задача решается путем установления эмпирических водно-балансовых зависимостей стока от запаса воды в снежном покрове и индекса водопроницаемости мерзлой почвы $y = f(x, u)$. Последний определяется в зависимости от влажности, температуры и глубины промерзания почвы. Как следует из уравнения /5/, эмпирическая водно-балансовая зависимость стока для отдельного бассейна, автоматически учитывает распределение поверхностей емкости $\varphi(s)$. Уравнение /5/ позволяет теоретически установить какой вид должны иметь такие зависимости при различном характере этого распределения.

Прогнозы дождевого стока. Теоретическая основа прогнозов дождевого стока за период паводка идентична приведенной выше. Однако, практическое решение задачи значительно сложнее из-за большой неравномерности выпадения осадков по территории и высоких скоростей инфильтрации, которые очень часто на большей части водосбора превышают интенсивность дождя. Поэтому, требуется значительно более плотная сеть пунктов плювиографических наблюдений, более детальное знание инфильтрационных свойств различных почв и их распределения в бассейне. В силу этого, обнаружить на эмпирическом материале удовлетворительные с точки зрения точности прогнозов зависимости стока от осадков и других факторов удается только для относительно небольших бассейнов. Расчет распределения /гидрографа/ стока за период паводка основывается на принципе последовательного суммирования масс воды, одновременно достигающих замыкающего створа бассейна, который выражается следующим уравнением:

$$Q_t = \int_0^{\tau} q_{t-\tau} \frac{\partial \omega}{\partial \tau} d\tau, \qquad /6/$$

где Q_t - расход воды на момент времени t, $q_{t-\tau}$ - водоотдача бассейна, $\frac{\partial \omega}{\partial \tau}$ - площадь, с которой вода одновременно достигает замыкающего створа, τ - время.

Имеется довольно много приемов приближенного расчета гидрографа. Из их числа наиболее употребительны метод изохрон и метод элементарного гидрографа.

Долгосрочные прогнозы стока горных рек. Самые благоприятные условия для таких прогнозов имеются там, где основным источником питания рек является сезонный снег, а тепла ежегодно достаточно для полного стаивания этого снега. В таких условиях, между стоком за весенне-летний период и запасом воды в снежном покрове должна, очевидно, существовать тесная зависимость. При наличии данных наблюдений за ряд прошлых лет такую зависимость легко установить эмпирически. Точность ее будет тем выше, чем точнее определяется количество снега в бассейне и сток реки. При постоянной из года в год длительности периода, за который определяется сток /например, IУ-IX/, последний может выражаться как в мм, так и ввиде среднего расхода реки за этот период. Для целей ирригации пользуются, как правило, средним расходом. Имея зависимость $\bar{Q}_{IV-IX} = f(x)$ для определенного бассейна и зная по

данным измерений запас снега в бассейне x, легко определить ожидаемый средний расход реки. Основное затруднение в прогнозах заключается в оценке истинного запаса воды в снежном покрове. Измерение снега в горах связано с большими трудностями и не везде возможно. Поэтому часто в качестве индекса запасов снега в горах приходится использовать данные о количестве осадков за холодный период по станциям, расположенным на различных высотах. В районах с большим количеством летних осадков последние оказывают значительное влияние на сток. Это снижает точность прогнозов, так как при их выпуске в конце зимы летние осадки бывают неизвестны и их приходится учитывать по статистическим данным.

Прогнозы средних месячных расходов воды горных рек, является более сложной проблемой. При этом требуется учитывать, кроме запаса снега, высоту снеговой линии и температуру воздуха в будущем месяце.

Краткосрочные прогнозы речных расходов и уровней. Эти прогнозы в большинстве случаев основываются на использовании закономерностей движения воды и паводочных волн в русловой системе или на отдельном участке реки. Простейшим методом прогноза уровня реки в определенном пункте является метод соответственных уровней. Суть его сводится к определению корреляционной зависимости между уровнями в верхнем по течению и ниже расположенном пунктах реки с учетом времени пробега воды на этом участке. Этот метод дает лучшие результаты на бесприточных и слабо приточных участках рек. Другой часто применяемый метод прогноза уровней, основан на использовании зависимости между расходами и уровнем воды.

$$H_{n+T} = f(\Sigma Q_i, H)_n,$$

где ΣQ_i - сумма расходов рек в верхней части бассейна, H - уровень в нижерасположенном пункте реки в день выпуска прогноза $/n/$, а H_{n+T} - уровень реки в том же пункте через T дней, которое равно среднему времени пробега воды от вышерасположенных пунктов.

Более точные прогнозы расходов и уровней воды, основаны на решении уравнений гидродинамики с помощью быстродействующих электронных счетных машин. В настоящее время разработаны программы, позволяющие вести расчет движения паводочной волны, как для участков рек, так и для водохранилища. Точные методы расчета требуют подробных гидрометрических и морфометрических данных. Это ограничивает их применение в оперативной практике. Более широкое применение имеет приближенный способ расчета, основанный на использовании закономерности трансформации паводочной волны системой одинаковых водохранилищ с линейной зависимостью между расходом и емкостью $W = \tau Q$. Для расчетов используется простая электронномоделирующая машина с записью результатов на ленте. Этот метод применяется, в частности, для прогнозов уровней воды в нижних бьефах гидроэлектростанций.

Ледовые прогнозы. Долгосрочные прогнозы сроков замерзания и вскрытия рек, озер и водохранилищ основываются на установлении корреляционных зависимостей этих сроков от предшествующих атмосферных процессов. Краткосрочные прогнозы замерзания рек основаны на приближенных расчетах охлаждения воды, а прогнозы вскрытия - на расчетах таяния льда и снега. В обоих случаях используется прогноз температуры воздуха на несколько дней вперед.

Форма прогнозов. Все наиболее важные виды прогнозов публикуются в бюллетенях Гидрометеорологической службы. В публикуемых прогнозах указывается математическое ожидание предсказываемой переменной и доверительный интервал 50-процентной вероятности. Кроме этого, для сравнения в прогнозе приводятся также среднее, наибольшее и наименьшее значение предсказываемой переменной за период наблюдений. Для таких отраслей народного хозяйства, как гидроэнергетика и речной транспорт, гидрологические прогнозы выражаются в виде распределения вероятности превышения ожидаемых значений предсказываемой переменной. Для определения доверительных интервалов и распределения вероятности используются известные приемы статистической обработки ошибок прогнозов.

Предупреждения об опасных и неблагоприятных гидрологических явлениях. Предупреждения о таких опасных и неблагоприятных гидрологических явлениях как наводнения, маловодье, заторы льда, необычно раннее и быстрое замерзание судоходных рек, основываются на прогнозах и могут иметь различную заблаговременность. От собственно прогнозов они отличаются тем, что в них даются (по возможности) указания на степень и характер угрозы определенным населенным пунктам, предприятиям, сооружениям, посевам и т.д. В ряде случаев, однако, при отсутствии методики прогноза, предупреждения могут носить качественный характер. Например, с приближением циклона о возможности высоких дождевых паводков на малых реках. Организация эффективной службы предупреждений требует систематизированных сведений об опасных уровнях и расходов воды. Работа по сбору и систематизации этих сведений ведется в СССР в течение многих лет Гидрометеорологической службой в сотрудничестве с различными ведомствами. Наличие каталогов опасных уровней и расходов воды дает возможность конкретизировать предупреждения об угрозе.

Оценка методов прогнозов. Статистическая оценка точности и эффективности методов гидрологических прогнозов является обязательным требованием при их разработке. На основании этой оценки решается вопрос о целесообразности практического использования метода для выпуска прогнозов. Любой метод прогноза может считаться статистически эффективным, а применение его справданным только тогда, когда ошибки прогнозов будут меньше равновероятных отклонений предсказываемой переменной от среднего ее значения. В противном случае применение метода теряет смысл, так как с тем же успехом можно всякий раз ориентироваться на среднее значение переменной. В качестве простейшего критерия статистической эффективности методов долгосрочных гидрологических прогнозов принимается отношение между средней квадратичной ошибкой прогнозов и стандартным отклонением предсказываемой переменной $\frac{\delta}{\sigma}$. Для выпуска прогнозов, используются только такие методы, для которых отношение $\frac{\delta}{\sigma} \leq 0{,}8$. Аналогичный критерий применяется и при оценке методов краткосрочных гидрологических прогнозов.

4. Организация службы гидрологических прогнозов в СССР.

Служба гидрологических и метеорологических прогнозов в СССР организационно об"единены в единую службу гидрометеорологических прогнозов. Работа организована по административно-территориальному принципу с учетом речных бассейнов. В каждом мест-

ном /республиканском или территориальном Бюро погоды имеется сектор гидрологических прогнозов. Такая организация имеет то преимущество, что дает возможность гидрологам работать в непосредственном контакте с метеорологами, использовать в своей работе все необходимые данные метеорологических наблюдений и метеорологические прогнозы, а также повседневно пользоваться консультациями метеорологов. Наличие единой государственной гидрометеорологической службы обеспечивает гармоничное развитие сети наблюдательных станций с учетом нужд метеорологии, гидрологии и агрометеорологии. В обязанности секторов гидрологических прогнозов каждого Бюро погоды входит выпуск прогнозов и обслуживание народно-хозяйственных организаций своего района, разработка методов прогноза, сбор и систематизация данных об опасных уровнях и расходах воды. В целях оперативности гидрометеорологического обслуживания в крупных областных центрах и на крупных гидротехнических стройках функционируют специальные гидрометеорологические бюро, которые ведут работу под руководством территориальных Бюро погоды. Аналогичную работу ведут такие гидрометеорологические обсерватории на крупных озерах и водохранилищах. Научно-методическим центром в области гидрометеорологических прогнозов является Центральный институт прогнозов. Исследовательская работа в области гидрологических прогнозов ведется, кроме того, в ряде зональных институтов Гидрометеорологической службы.

Эффективная деятельность службы гидрологических прогнозов требует определенных условий. К числу их относятся: а/ наличие достаточно развитой сети гидрологических и метеорологических станций, в/ наличие материалов наблюдений за прошлые годы, необходимых для разработки методов прогнозов, с/ наличие достаточного количества специалистов, д/ наличие средств быстрой связи для сбора информации.

Литература

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. – Гидравлические прогнозы. Гидрометеоиздат, 1960.
2. Попов Г.П. Гидрологические прогнозы. Гидрометеоиздат, 1957.
3. Калинин Г.П., Милюков П.И. Приближенный расчет неустановившегося движения водных масс. Труды ЦИП, вып. 66, 1958.

1534 R - Nov.1962 - 600

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

INTEGRATED MINERAL EXPLORATION

by Robert J. Lacy, Chief Geophysicist
American Smelting & Refining Company, Salt Lake City, Utah
W. H. Swayne, Chief Geologist
South America Division, The Anaconda Company, New York City

Introduction

1. The ultimate goals of minerals exploration are the discovery of important ore concentrations and their successful development to productivity of the elements and metals required by society. Present demands and future requirements for minerals and metals indicated by world-wide economic growth and increasing living standards is a compelling stimulus to the search for new ore sources. Competitive market conditions demand the highest standards of efficiency in this endeavor to ensure ultimate production at favorable costs. Superior techniques of discovery, mining, extraction and refining have helped lower the costs, thereby increasing potential ore targets and making possible the exploitation of mineral concentrations heretofore considered to be uneconomic.

2. Ore deposits generally are small targets when considered in terms of the vast regions in which they are found. The search for them truly resembles "looking for a needle in a haystack". As the importance of the historically colorful prospector, dependent upon persistence, good luck and visual recognition of rich mineralized outcrops gradually diminishes, valuable ore deposits become more difficult to find. Modern search must be expanded to include mineral concentrations that are not exposed at the surface but deeply buried and masked by alluvium or some other cover.

3. Unfortunately there are as yet no easy short cuts or "magic black boxes" which can lead infallibly to hidden mineral wealth. Successful ore development involves considerably more than the recognition of some anomalous condition in a regional geologic setting. Bringing a mineral deposit into production involves exploration costs, acquisition costs, investments in development and plant facilities, operating costs and marketing costs. The worth of the deposit must be measured in terms of producing income in excess of these costs.

4. In spite of the old adage that "ore is where you find it", distribution of minerals is not random, but is in orderly patterns related to geologic history of the earth's crust. Therefore an intelligent minerals exploration program must be based on understanding of the distribution of elements in the earth's crust and the processes by which they are concentrated into ore deposits. For example, recognition and appreciation of metallogenic provinces can be of utmost significance in exploration planning. Since commercial orebodies are restricted in size and present such small targets, scientific ore search must necessarily be a sorting process which starts with the consideration of broad areas. Gradually, through processes of evaluation, elimination and selection, the scope is narrowed to smaller target areas through scientific application of geological, geophysical and other tools and techniques available to modern prospecting. These target areas must be tested in the light of past knowledge and experience, as well as newer concepts involving a better understanding of ore genesis developed through modern scientific research and confirmatory field observations. The importance of accurate genetic geological concepts as basic guides for successful evaluation of the most likely sites for commercial ore cannot be over-emphasized.

5. Both government agencies and private mining companies have definite responsibilities toward minerals exploration, and only through integrated cooperative efforts can the ultimate goal, successful minerals production, be reached. Development of minerals industries will be stimulated by stable economic and political climates favorable to the required investment of large sums of risk capital over prolonged periods of time. An environment in which profit incentive can flourish will encourage private industry with attendant creation of employment and important sources of taxable income. Sound mining laws incorporating sound policies of adequate protection of rights and titles to discoveries with the assurance of sufficient time for their successful development, exploitation and marketing of production are fundamental prerequisites.

Regional Setting:

6. An initial requirement for comprehensive minerals exploration programs is determination of regional geological environment. Broad scale coverage by aerial photographic cartography and regional geologic mapping involving both photogeologic interpretation and field studies are steps in this direction. Regional geologic mapping, particularly when supplemented by application of various airborne geophysical methods, can provide basic background data on regional structures, extent and relationships of lithologic units, outlines of major intrusive masses and alteration zones.

7. Initial regional surveys of this nature are time-consuming and often too costly to be undertaken by individual mining companies. Since the usefulness of such surveys can be multiplied manifold when applied to numerous fields of endeavor, it is logical that in the community interest they be undertaken by government agencies and made available for public use. Such basic regional information will stimulate prospecting by numerous mining companies having diverse objectives in their appraisal and selection of target areas best suited for their individual purposes. Anomalies resulting from initial regional surveys may be both numerous and vague, however, and considerable further refinement and selection through scientific analysis and testing is required before discovery and development of an important mineral district or orebody can be consummated.

8. It is in this latter field of more specific target selection and analysis that private industry can best function efficiently. As the target areas become more restricted through prudent scientific selection there must be a continuing reappraisal of the program in the light of new geologic facts and a constant assessment of the chances of success in terms of the potential value of the target. Scientific application of modern techniques in the light of actual mining experience then becomes increasingly important to the successful development of an orebody. It is logical that private mining interests, motivated by profit incentive under a free enterprise system, can provide an efficient approach.

9. A brief review of the actual prospecting approach to two distinctive problems, both occurring in more or less unexplored regions but under widely differing conditions of geologic, topographic and climatic settings may prove interesting.

Case Histories:

a. In a shield area of sparse outcrop.

10. Figure I is a very broad scale regional geology map (original scale 1"=120 miles) of two provinces in the Precambrian Canadian Shield. Glacial till and alluvial cover is extensive but relatively shallow. Geological mapping by observation of outcrops, therefore, is necessarily sketchy and requires supplementary methods. Aerial photography for photo-geologic interpretation and direction of the field work is a distinct aid, whether or not outcrops are sparse. Probably multiple purpose aerial photography on a scale of the order of 1:62,500 would be satisfactory for regional geologic mapping as well as for fields of endeavor other than the mineral industry. Such a survey for an area of two million square miles would cost approximately $3.2 million. This much regional coverage is necessary in order to indicate more restrictive areas for application of any of the more expensive

supplementary methods of mapping geology, such as airborne magnetics and electromagnetics and ground gravity surveys. The regional geology control, in this case, presents approximate outlines of the sedimentary and volcanic belts which constitute the host rocks for metalliferous deposits in the Canadian Shield.

11. Figure II is an aeromagnetic contour map covering the sedimentary-volcanic belt from the Mattagami through the Chibougamau districts in Quebec. Maps on the scale of 1:62,500 were compiled and photographically reduced to produce this map on a scale of 1:250,000. The geologic detail indicated by the numerous magnetic-marker beds and igneous rocks is obvious. Figure II represents 11,800 square miles of aeromagnetic coverage out of many hundreds of thousands of square miles released to the public by Canadian government agencies at nominal print reproduction and distribution costs.

12. Concurrent interpretation of the above data (geologic maps, aeromagnetic maps and aerial photographs) by the mining company involved in this project resulted in a 1:250,000 scale improved regional geologic map. Structural and lithologic similarities were noted between the known mining districts and several relatively unexplored areas. Among the latter was the 310 square mile area marked 3 on Figure I and outlined in the center of Figure II.

13. Again, the above interpretational procedures were applied, but now on the more detailed scale of 1"=1 mile. A print of the geologic maps was assembled on this scale and only geologic features observed in outcrop were traced on a 1"=1 mile working print of the aeromagnetic map of this 310 square mile area. Concurrent interpretations of 1:62,500 aerial photographic contact prints in stereo pairs and of aeromagnetic data resulted in the geologic map shown on Figure III. The advantages of this simultaneous interpretational procedure are: (a) features on the aeromagnetic map serve to call attention to similar obscure features on the aerial photographs and vice versa; (b) integrated single features - such as dike lineaments - indicated on the aeromagnetic maps, may be resolved into multiple features on the aerial photographs; and, (c) interpretations between the two sets of data result in a higher degree of verification.

14. We should like here to emphasize the point of assembling all data and maps on the same scale for each step of exploration analyses. There is probably no clearer evidence of separated endeavors, rather than the desired integrated effort, by geologists and geophysicists than the display of data and maps on different scales.

15. The interpretational and analytical procedures employed by the mining company to advance to the stage illustrated by Figure III, required three months of work. Geological field checks requiring approximately three weeks verified the interpretations. The 310 square mile area was reduced to 115 square miles for geologic and property reasons and a contract for a helicopter-borne magnetic-electromagnetic survey was obtained. Specifications were one-eighth-mile flight line spacing, mean terrain clearance of 120 feet and blocks of variable flight azimuths at right angles to the general geologic structures. This survey - including weather and maintenance standby, data reduction and map compilation - required one month and cost $37,000. An example of a 60 square mile area of this survey is illustrated on Figures IV and V. Note the two flight line directions at right angles to geologic structure. Also, note the electromagnetic mapping of conductive graphitic and/or pyritic shales and schists, particularly in the north part of Figure V When magnetic marker-beds are sparse, electromagnetic surveys may serve to map conductive marker-beds and major faults with moderate to steep dips.

16. The original scale of Figures IV and V, the magnetic and electromagnetic data respectively, was 1"=1/4 mile. The concurrent interpretation procedure described above for the 1"=4 mile and 1"=1 mile maps was then applied, using these secondary airborne survey data, contact prints of stereo-pairs and geologic maps all to the scale of 1"=1/4 mile. A twelve square mile example of the resulting interpreted geologic map is exhibited on Figure VI. This interpretational step required 2-1/2 month's work, including an analysis and rating of 47 anomalous zones.

17. Note, on Figure VI, the conductor on the nose of the anticlinal axis adjacent to basic intrusive complex rocks. This is an example of the geologic

occurrence of the base metal sulphides in the Mattagami district. This, and 14 other anomalous zones, was selected for ground investigations by geological mapping and magnetic, electromagnetic, gravity and geochemical surveys.

18. The ground investigations required about 5-1/2 month's work. An example of the interpretation and analyses of these data, requiring one month's time, is shown on Figure VII. The original scale of this map is 1"=200 feet and represents the 0.3 square mile area along the north flank of the anticline mentioned in the above paragraph. A rating of fifteen such anomalous zones resulted in the selection of seven for testing with two drill holes each (14). Note that practically the only outcrops shown on Figure VII were identified as gabbro and that the base metal sulphide host rocks (volcanic-sedimentary) are covered by alluvium. This was generally true in all of the fifteen areas investigated.

19. Ultimately, six of the anomalous zones were drilled with twelve holes during a period of about two months. The seventh anomalous zone was eliminated on the basis of geologic evaluation derived from drilling results on a nearby area. Figure VIII, a section on line 4E of Figure VII, illustrates the drilling results compared to the ground electromagnetic and gravity curves. Although the gravity results marked the gabbro-volcanic contact well, very small or indefinite mass response was noted over the sulphide conductors. This gravity indication of inadequate mass to suggest large tonnage, plus the sparse base metal sulphides associated with the pyrrhotite and pyrite intersected in the drill holes, eliminated further prospecting for large deposits at moderate depths.

20. Although geological and geophysical techniques applied were successful in detecting and outlining sulphide mineralization, this particular prospect proved to be non-commercial. Many such economic disappointments are to be expected in minerals prospecting and merely demonstrate the difficulties involved in discovery and development of new commercial orebodies.

b. In desert area of abundant outcrop.

21. A contrasting example is furnished by the search for commercial mineralization in desert regions of substantial surface exposure. Under these conditions, geologic interpretation of aerial photography can be extremely useful, particularly the relatively new, but increasingly important applications of color.

22. Pertinent color characteristics vary with locality and climatic conditions, but within given areas, under appropriate conditions, good color aerial photography can result in development of rather precise standards for recognition of structures, lithologic units, alteration haloes and other significant geological details related to mineralization. Desired color accuracy is obtainable only through the most rigid and precise controls of film handling, exposure and processing techniques. Actual experience has shown that lower flight altitudes produce more brillant color rendition and involve less undesirable light absorption effects than higher ones. Even with high sun angles required for color, variations in reflectivity of certain rocks and alteration zones may demand slight compensating exposure variations or filter corrections. Under one set of conditions an exposure of 100th of a second at F:11 using a 6-inch color-corrected Zeiss lens with 9-inch commercial Ektachrome film was found to be optimum for a photo scale of 1:20,000. Antivignetting, haze and batch color compensating filters were used as required.

23. After mounting in clear plastic envelopes, upon which all geologic notations can be made in grease pencil and suitable inks, the positive color transparencies were studied in stereo pairs, in evenly diffused transmitted light having constant color characteristics. By varying the color temperature of the light source with filtering and voltage controls, special color distortion effects were produced to emphasize subtle color differences, critical to the recognition of geologic and mineralogic features of particular interest and significance.

24. Basic detailed geologic mapping in the prospecting equation deserves special attention, since accurate, systematic and something more than purely objective recording of important geological detail is so fundamental in the selection and appraisal of possible ore targets, particularly in regions of good exposures. A rare blend of judgment based on experience and understanding of the genesis of

mineral deposits is required for the recognition of the important significant features to be recorded and assessed. These will vary with each individual environment. The resulting geologic map should not be merely a photographic scale drawing of geologic features, but should emphasize the significant details critical to an accurate understanding of the mineral occurrence under investigation. Because recognition of these features is most difficult in the early prospecting stages, when exposures are most limited, basic geologic mapping should be conducted by well trained and experienced geologists rather than by juniors. Before being entrusted with such responsibilities, geologists in our organizations are thoroughly trained in operating mines in order to become familiar with the geological details and geometric patterns of commercially productive orebodies. Only through experience of being responsible for successful application of geology to daily production problems, can individual talents be developed with acute appreciation for the significant ingredients that combine to form commercial ore concentrations. These talents can then be applied individually or collectively as conditions require in the recognition and development of a new ore discovery.

25. At the El Salvador porphyry copper deposit in the desert region of northern Chile, numerous individual talents available within a large mining organization were applied to a successful appraisal and development of the property into a commercial enterprise. As the geology of El Salvador mine has been described[1] it will not be repeated here, but application of geological methods will be discussed briefly.

26. Discolored zones of leached outcrops and broad alteration haloes were recognizable from ground observations, air reconnaissance and photography. Initial geological mapping at El Salvador was of reconnaissance type on 1 to 10,000 scale. This provided a general picture of the rock patterns and structural features over an area approximately 5 kilometers wide by 7 kilometers long. Gross features, including distribution of major rock units and their general relationships to obvious major structures, leached capping characteristics, and broad patterns of mineralizing activity and attendant alteration were accurately recorded by experienced mine geologists. Subsequent follow-up mapping on 1 to 1,000 and 1 to 500 and even larger scales, was required before a drilling program could be justified. Field observations were sharpened with the aid of microscopic studies and other geological laboratory techniques, thereby increasing the detail of significant lithologic, mineralogic and structural features to be mapped. Important variations within the porphyry complex and other host rocks were recorded together with intricate features of contact relationships.

27. Mapping the distribution of many mineralogical species, such as quartz, sericite, limonites, biotites, chlorite, epidote and clay mineral complexities within the leached capping and alteration haloes resulted in appreciation of important patterns related to the complex structural and mineralisation history of the area. The recognition of important recurring events, commonly associated with ore forming processes, provided a sound geological hypothesis for the initiation of an exploratory drilling campaign directed toward specific favorable geologic targets rather than on a random grid pattern. Indeed, in this case, because of rugged topographic conditions, the shape of the orebody, the extreme depth to ore up to 450 meters below the surface, initial drilling on a grid pattern would have been impractical from both the standpoint of cost and operating techniques available at the time. In addition, the results might have been highly misleading and could have resulted in wasteful misdirection in development work or possibly even abandonment of the project before it had been adequately tested. Drill hole assays alone could not provide an understanding of the geometry and extent of the new ore discovery. This was developed through painstaking recording of all the significant mineralogic and geologic details made available through third dimension penetrations. Additional variations in mineral zoning in the third dimension became evident as penetration depths below the surface were attained. Characteristics and distribution of the sulphide minerals and their relationships to major and minor structures, alteration products, and accompanying gangue minerals were carefully mapped on 1 to 100 scale and plotted on suitable cross sections. Locations of

subsequent exploratory tunnels and eventual underground workings were also influenced by this work. With increasing experience in the area and continued assistance of closely integrated laboratory work, greater accuracy was possible for recognition of characteristics of specific rock types whose features had been obscured through effects of metamorphism, mineralization and alteration.

28. Genetic studies of ore forming processes, including published results of experimental work carried on by government and university geological research laboratories, is being continuously incorporated into improved mapping systems. A well equipped mining company geological research department is dedicated to that end for improvements in efficiency of ore search and the solution of mining geological problems.

29. The El Salvador story is just one of many that emphasize the great gap between initial recognition of numerous anomalous conditions that may exist over broad areas and the integration and application of appropriate techniques leading to the efficient selection, discovery and successful development of a commercial ore deposit.

30. Restrictions of space will not permit complete descriptions and illustrations of other case histories showing the application of the basic concepts of procedure outlined above.

31. It is evident, however, that a thorough knowledge of the geology of ore deposits and good judgment in the evaluation and balancing of geological and geophysical and geochemical data is indispensable at all stages of exploration programs In the later stages good detailed geological data recording and analyses may mean the difference between a discovery and a near-miss. It can also be the difference between mis-evaluation of a potentially commercial deposit and an accurate economic evaluation; and a poorly designed mining operation or a well-engineered one.

Conclusion:

32. In conclusion, as new ore discoveries become more difficult, and exploration requirements more demanding, even greater efforts and achievements may be expected toward improving scientitic techniques of ore finding. Individual prospectors, to be effective, will need broader educational opportunities in the earth sciences and allied fields. Standards for geological training may be expected to improve; expanding to include a better understanding of basic genetic processes of ore formation. Universities and government agencies, with increased laboratory facilities for experimental geological research, can make important contributions to this end, in addition to the all-important development of outstanding individual talents required for effective solution of fundamental geological problems. Commercial mining organizations, through expansion of their industrial applications of scientific and geologic research, must continue to increase their capabilities in well managed integration of specialized talents and improved modern techniques, in the increasingly competitive business of successful ore finding and economic development of orebodies.

Acknowledgments:

We should like to acknowledge the contributions of the following: Mr. B. C. Morrison for his preparation of the figures and for editing and Messrs. Charles Meyer and Keith Whiting for their helpful suggestions and for editing. We also wish to thank the American Smelting and Refining Company and The Anaconda Company for their kind permission to release information for publication.

[1] Ref. Swayne, William H. - Trask, Frank Jr., Geology of El Salvador, Mining Engineering, page 344 - (April 1960)

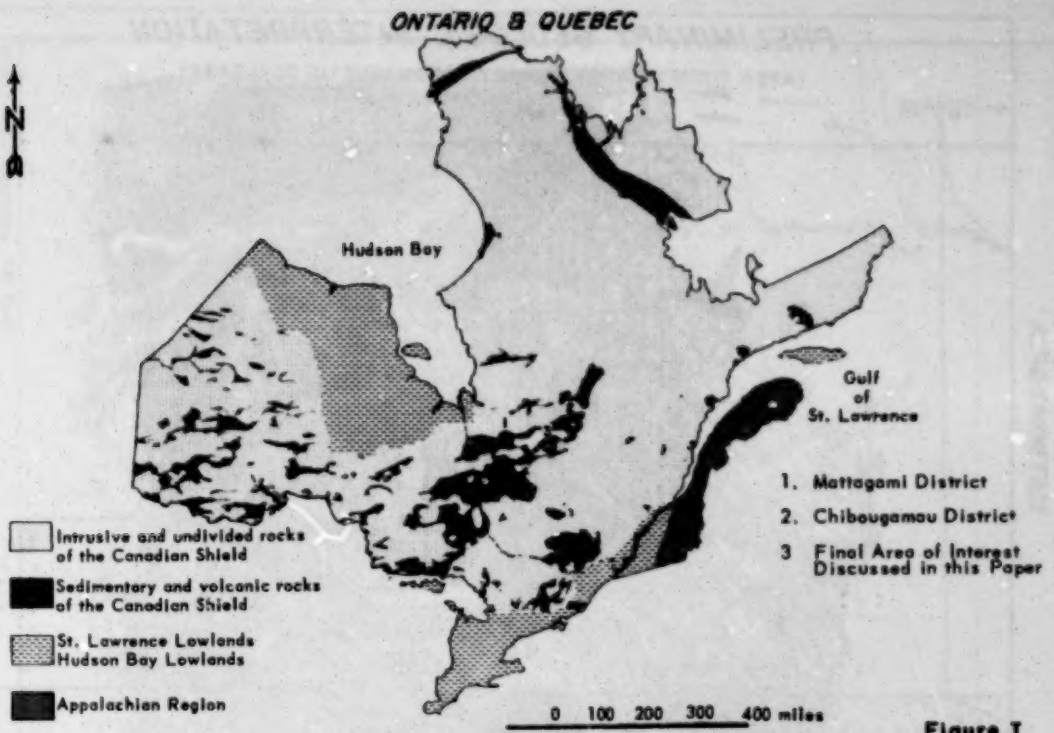

ONTARIO & QUEBEC
N
Hudson Bay
Gulf of St. Lawrence
1. Mattagami District
2. Chibougamau District
3 Final Area of Interest Discussed in this Paper
Intrusive and undivided rocks of the Canadian Shield
Sedimentary and volcanic rocks of the Canadian Shield
St. Lawrence Lowlands
Hudson Bay Lowlands
Appalachian Region
0 100 200 300 400 miles

Figure I

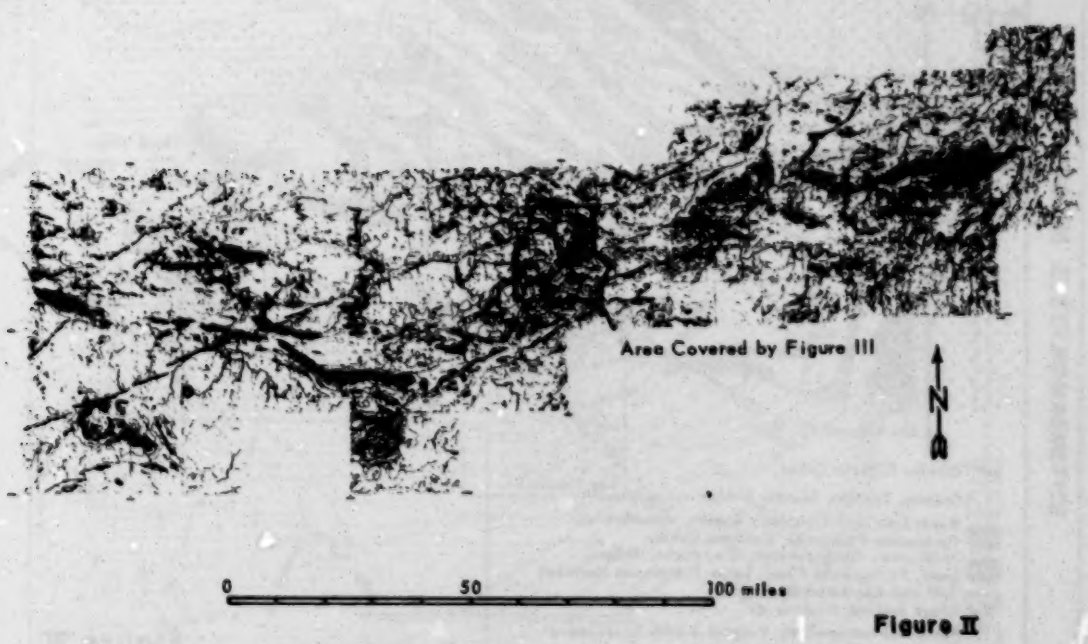


Figure II

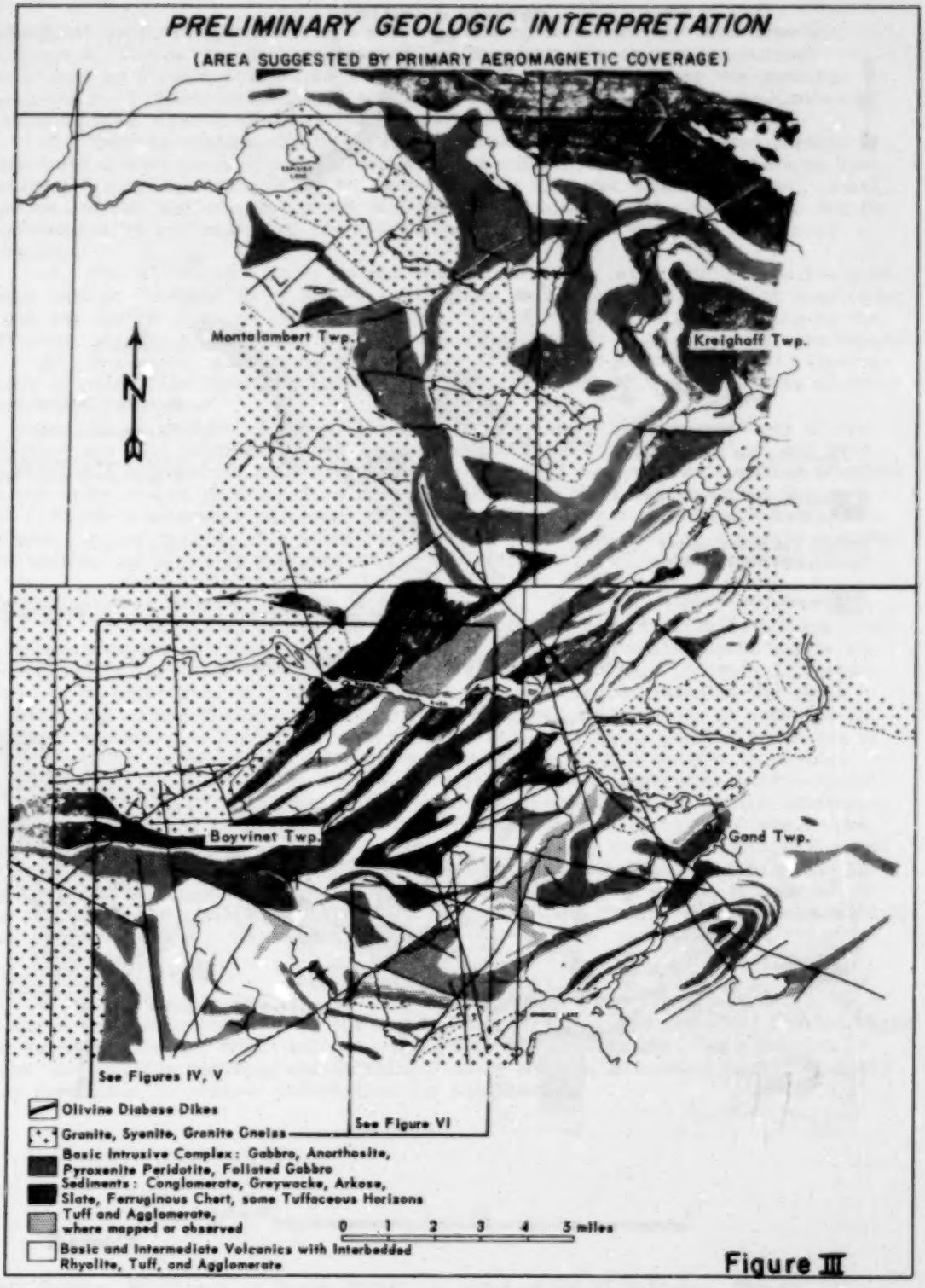

PRELIMINARY GEOLOGIC INTERPRETATION
(AREA SUGGESTED BY PRIMARY AEROMAGNETIC COVERAGE)
Montalembert Twp.
Kreighoff Twp.
Boyvinet Twp.
Gand Twp.
N
See Figures IV, V
See Figure VI
Olivine Diabase Dikes
Granite, Syenite, Granite Gneiss
Basic Intrusive Complex: Gabbro, Anorthosite, Pyroxenite Peridotite, Foliated Gabbro
Sediments: Conglomerate, Greywacke, Arkose, Slate, Ferruginous Chert, some Tuffaceous Horizons
Tuff and Agglomerate, where mapped or observed
0 1 2 3 4 5 miles
Basic and Intermediate Volcanics with Interbedded Rhyolite, Tuff, and Agglomerate

Figure III

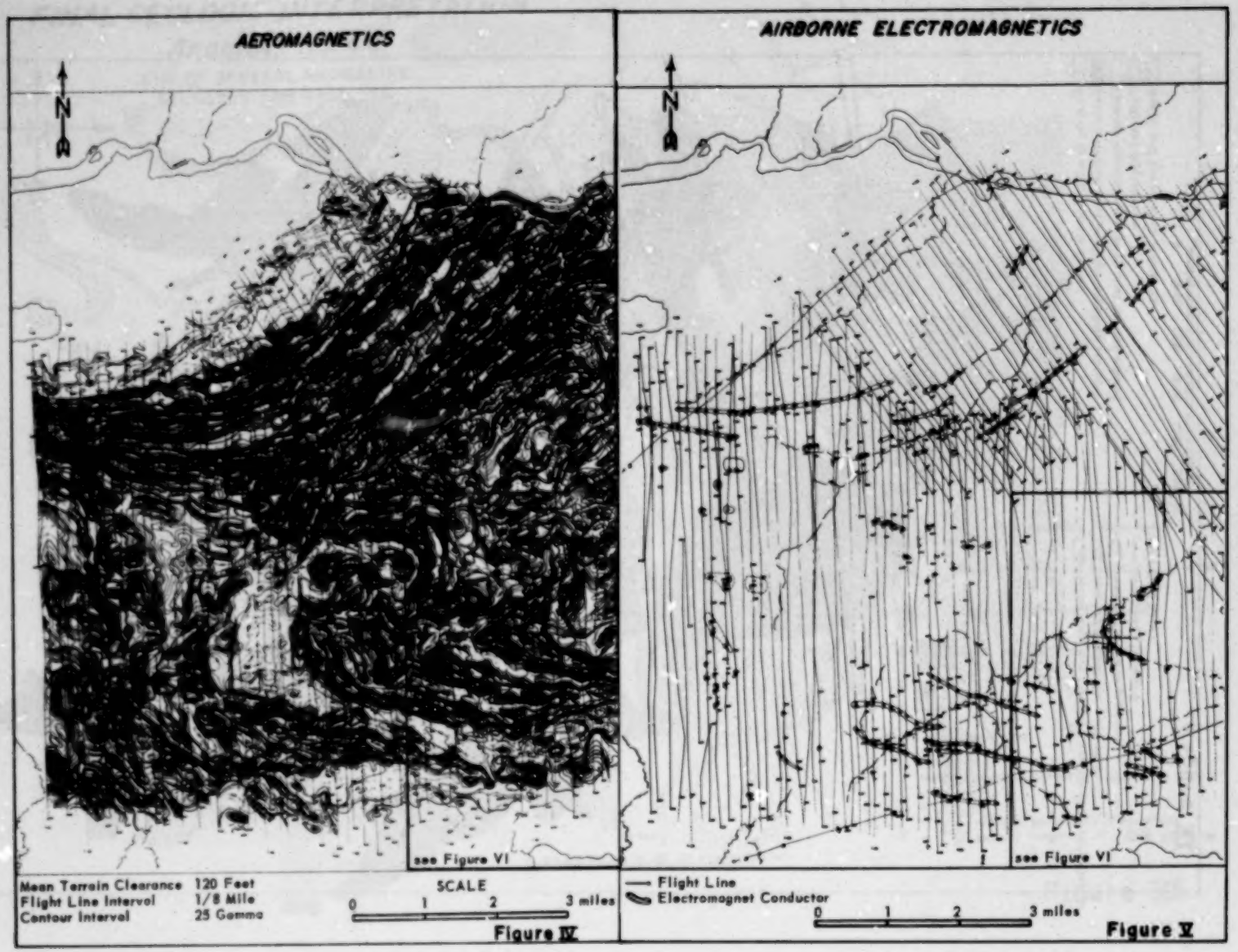


Figure IV

Figure V

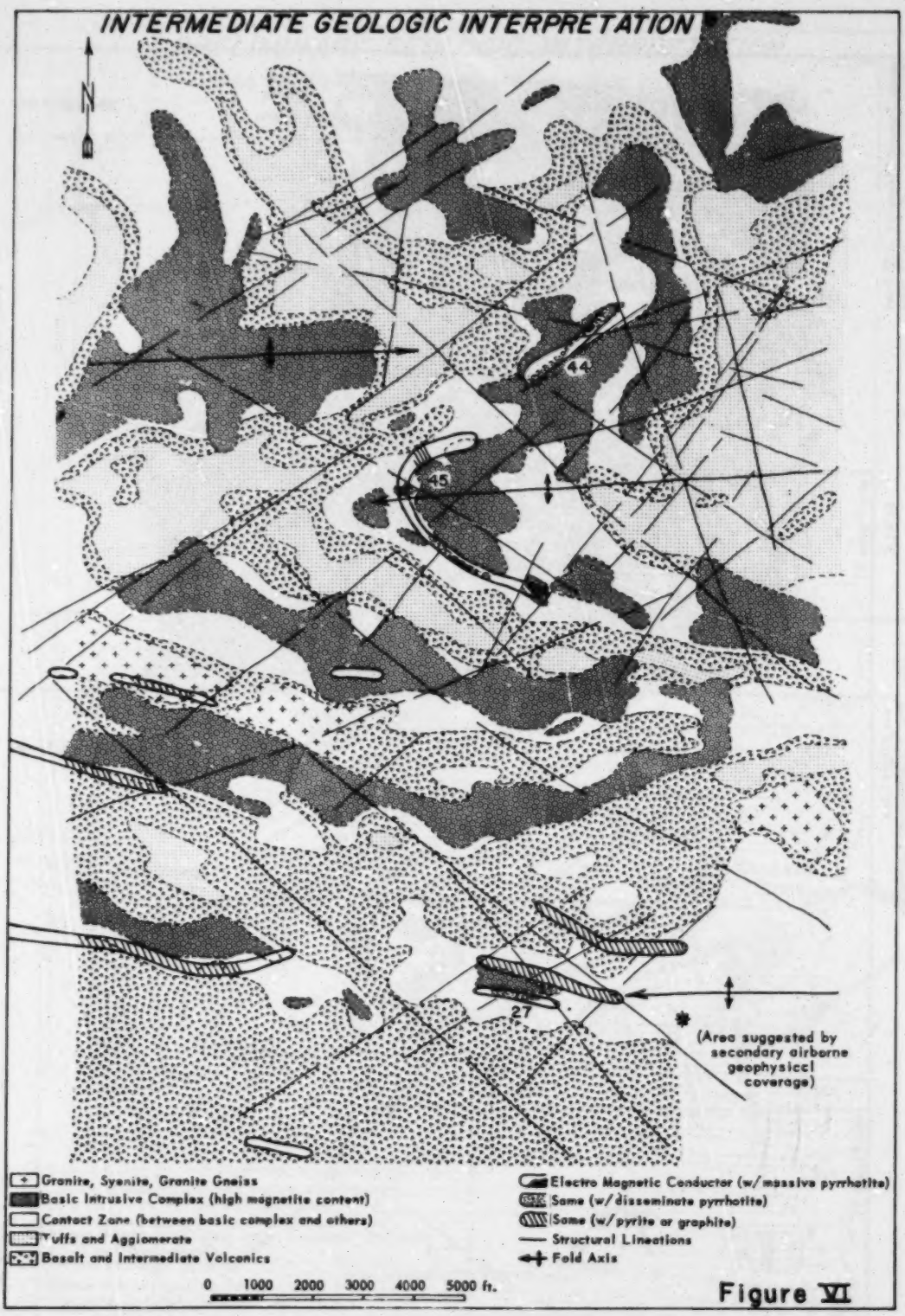

INTERMEDIATE GEOLOGIC INTERPRETATION
N
44
45
27
(Area suggested by secondary airborne geophysical coverage)
Granite, Syenite, Granite Gneiss
Basic Intrusive Complex (high magnetite content)
Contact Zone (between basic complex and others)
Tuffs and Agglomerate
Basalt and Intermediate Volcanics
Electro Magnetic Conductor (w/massive pyrrhotite)
Same (w/disseminate pyrrhotite)
Same (w/pyrite or graphite)
Structural Lineations
Fold Axis
0 1000 2000 3000 4000 5000 ft.

Figure VI

FINAL GEOLOGIC INTERPRETATION

Anomaly No. 44

ONE OF SEVERAL ANOMALIES
SELECTED FOR DRILLING

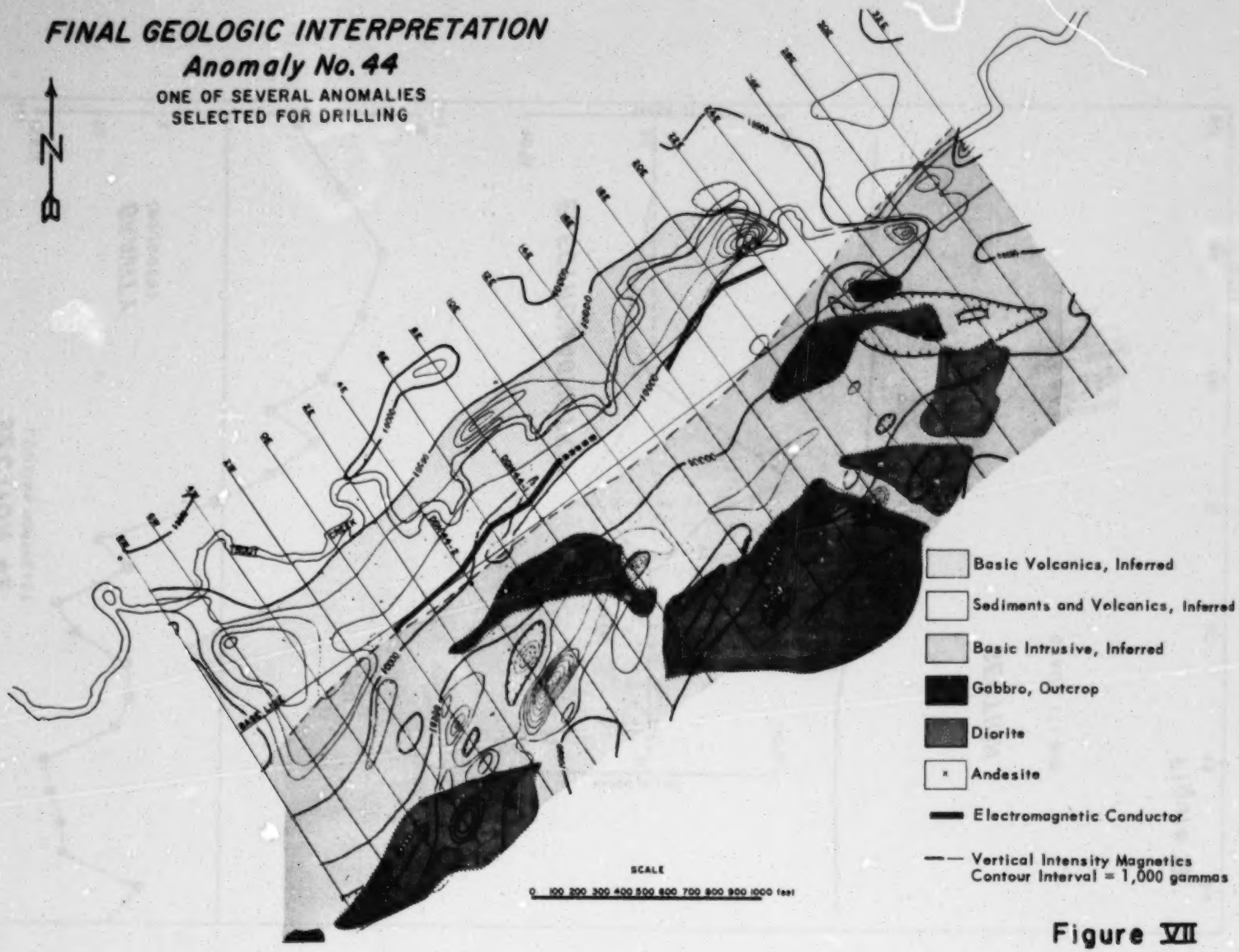
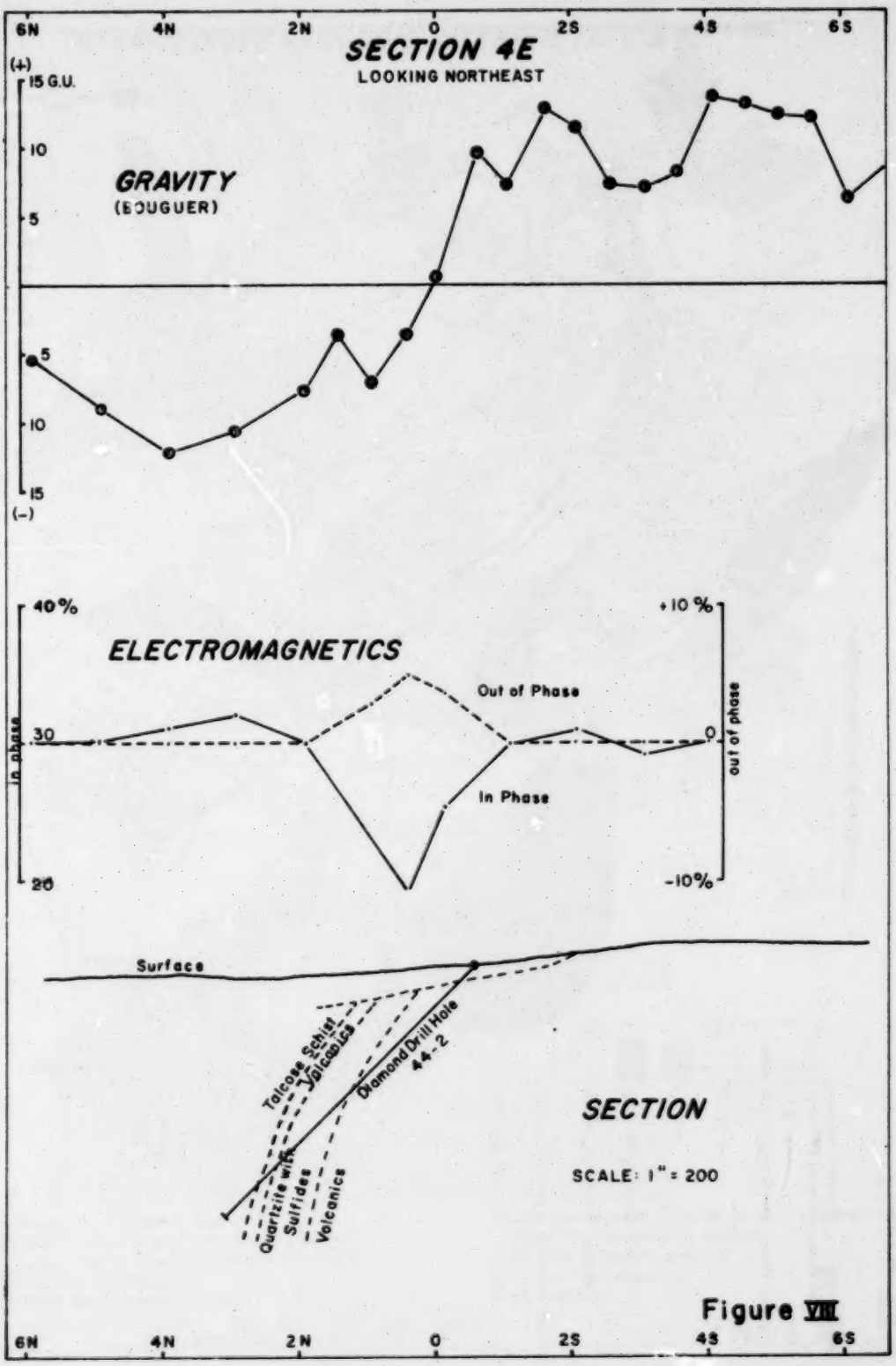


Figure VII


6N
4N
2N
0
2S
4S
6S
SECTION 4E
LOOKING NORTHEAST
(+)
15 G.U.
10
5
GRAVITY
(BOUGUER)
5
10
15
(-)
40%
ELECTROMAGNETICS
Out of Phase
30
In phase
In Phase
20
+10 %
0
out of phase
-10%
Surface
Talcose schist
Volcanics
Quartzite with
Sulfides
Volcanics
Diamond Drill Hole
44-2
SECTION
SCALE: 1" = 200
Figure VIII
6N
4N
2N
0
2S
4S
6S

1628 E - Nov. 1962 - 1, 600

E/CONF.39/A/325
2 Nov.1962
ORIGINAL : RUSSIAN

КОНФЕРЕНЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ
ПО ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НАУЧНЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ
ДЛЯ УДОВЛЕТВОРЕНИЯ ПОТРЕБНОСТЕЙ МЕНЕЕ РАЗВИТЫХ РАЙОНОВ

ПУНКТ ПОВЕСТКИ ДНЯ: A.3.2.2 СССР

К РАСЧЕТУ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ГОРНЫХ РЕК

Составил С. Г. РУСТАМОВ,
Доктор географических наук, профессор,
/Институт географии АН Азербайджанской ССР/

Документы, составленные для Конференции Организации Объединенных Наций по вопросу о применении научных и технических знаний для удовлетворения потребностей менее развитых районов, служат в качестве рабочих документов для этой Конференции. Они опубликованы в том виде, в каком были представлены их составителями, и их содержимое и выраженные в них мнения принадлежат их составителям (см. примечания на оборотной стороне).

ПРИМЕЧАНИЯ

1. Документы, включенные в число материалов, принятых для обсуждения на общих сессиях, будут в распоряжении делегатов Конференции на следующих официальных языках Организации Объединенных Наций: русском, английском, испанском и французском.

2. Документы, включенные в число материалов, принятых для обсуждения на специализированных сессиях, будут в распоряжении делегатов Конференции только на одном из этих официальных языков.

3. Резюме всех документов в том виде, в каком они были представлены их составителями, будут в распоряжении делегатов Конференции на следующих официальных языках Организации Объединенных Наций: русском, английском, испанском и французском.

4. До открытия Конференции документы и резюме не будут выпущены для общего распространения. Они будут опубликованы заблаговременно только в ограниченном числе экземпляров и исключительно для правительственных делегаций и других правомочных участников. Последующие опубликование и рассылка трудов Конференции будут обеспечены в соответствии с практикой Организации Объединенных Наций, как это установлено ее Издательским комитетом.

К РАСЧЕТУ ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ ГОРНЫХ РЕК

С.Г.РУСТАМОВ

доктор географических наук, профессор
/Институт географии АН Азербайджанской ССР/

Проблема расчета максимальных расходов, в частности дождевых паводков, является наиболее важной проблемой как в практическом, так и в теоретическом отношении.

Формирование максимальных расходов происходит в сложных условиях и зависит от множества факторов.

На реках Азербайджана максимальные расходы являются следствием интенсивного снеготаяния и выпадения ливневых осадков. Анализ внутригодового распределения стока показал, что реки вследствие неоднородности питания имеют различный режим. Основной сток здесь проходит в теплую часть года, за исключением Ленкоранской природной области, составляя 60-80% годового объема. Доля участия снеговых и дождевых вод в формировании и прохождении максимального стока в условиях горных стран зависит, главным образом, от высотного расположения водосборов. Это происходит вследствие как неоднородности природных условий, так и климата, изменяющегося с высотой местности. Например, реки с высокорасположенными водосборами, берущие начало высоко в горах /свыше 2500-3000 м/ в верховьях питаются в основном талыми водами снегов и имеют один максимум /летом/ и один минимум /зимой/ в году. По мере уменьшения высоты водосбора появляются дополнительные факторы /дожди и подземные воды/, влияющие на режим реки, в результате чего наблюдаются два максимума - весной и осенью, причем роль снегового питания порой отходит на второе место. Эти особенности питания рек, формирующие максимальные расходы, обусловливают два типа рек:

1/ реки с весенне-летним половодьем
2/ реки с весенне-летними паводками.

Первая группа охватывает реки с высокорасположенными, а вторая с низкорасположенными водосборами.

Снежный покров является одним из главных факторов, формирующих весенне-летнее половодье на реках первой группы. В области формирования стока на высотах выше 1500-2000 м первый снег выпадает в октябре, ноябре, а устойчивый покров держится с декабря до конца апреля - середины мая.

Лишь на самых больших высотах /свыше 3000 м/ снежный покров держится до конца июня, июля. Интенсивное повышение температуры воздуха от февраля к марту создает условия массового таяния снежного покрова. Снег сходит обычно неравномерно. Средние высоты обнажаются раньше, так как благоприятные термические условия здесь наступают быстрее.

Показателем начала интенсивного снеготаяния, а, следовательно, и весеннего половодья, служат средние даты начала увеличения расходов воды в реках, наблюдающиеся во второй половине марта. Интенсивное снеготаяние на более высоких отметках начинается в конце апреля-начале мая.

Наибольшие уровни и расход воды весенне-летнего половодья проходит в мае-июне. В этот период наблюдается выпадение ливневых осадков, вызывающих формирование мощных паводков и обусловливающих максимальные расходы воды. Таким образом мощные паводки, а, следовательн, и их расходы обязаны происхождением ливням. Периоды весеннего половодья и летних паводков переплетаются и на гидрографе точные границы этих двух фаз установить трудно, тек как весеннее половодье генетически превращается в весенне-летнее. Дожди являются главным фактором, формирующим паводки на реках второй группы. В виду того, что наибольшие высоты бассейнов на реках с низкорасположенными водосборами едва достигают 2500 м, снежный покров в общем питании этих рек имеет небольшое значение. Обычно, вследствие раннего наступления весеннего потепления, снежный покров тает в марте, начале апреля. Влага от снеготаяния почти полностью просачивается в грунт и увеличивает запасы подземных вод. Дожди, выпадающие в период май-июль, формируют быстропроходящие паводки /в количестве 7-10 за сезон/, которые и составляют главный сток рек.

В отличие от рек первой группы паводки, проходящие здесь иногда превращаются в селевые потоки, выносящие в огромном количестве твердый материал.

Из приведенного анализа очевидно,что максимальные расходы обеих групп формируются за счет ливневых осадков.

Особое внимание вопросам происхождения и формирования паводков уделяет М.А.Великанов. Еще в 1931 году он дал строгий гидромеханический анализ процесса стекания ливневых вод, на основе которого в дальнейшем строились детальные расчеты ливневого стока для любого замыкающего створа вообще и максимального его расхода в частности. Развитие этого вопроса получило дальнейшее освещение в работе М.И.Львовича /1940/ "Процессы формирования паводков", в которой на основе теории изохрон стока показан механизм формирования паводков и даны принципы их предвычисления.

Значительная работа по методике расчета максимальных расходов паводков в СССР в дальнейшем были выполнены Д.Л.Соколовским, Г.А.Алексеевым, С.Н.Крицким и М.Ф.Менкелем, В.Г.Андриановым, Н.Д.Антоновым и др.

Расчетные величины максимальных расходов заданной обеспеченности при наличии гидрометрических наблюдений, за период не менее 15-30 лет / в зависимости от величины коэффициента вариации / = 0.30-1.00, как известно, определяются по теоретическим кривым обеспеченности или по районным эмпирическим формулам. При применении этих методов, качество исходных данных приобретает доминирующее значение. К сожалению не всегда для решения отдельных практических задач располагаем гидрометрическими данными в нужном для расчета объёме. Поэтому часто приходится прибегать к поиску подходящего метода расчета.

Большинство существующих формул расчета включают в себе или в отдельности, или же в обобщенной форме разные параметры.

От точности и правильности подбора этих параметров зависят и конечные результаты расчетных величин максимальных расходов.

Наиболее мощные паводки на всех горных реках средних географических широт формируются также за счет ливневых осадков. В связи с этим при применении тех или иных методов расчета, учет максимальной интенсивности силы ливня /S/, для горных рек приобретает первостепенное значение.

В настоящей статье рассматриваются лишь ливневые параметры максимальных расходов, являющиеся наименее изученными во всех горных странах.

Стационарное наблюдение над ливнями по плювиографам в Азербайджанской ССР началось после 1936 года. В настоящее время число пунктов, производивших наблюдение над ливнями, составляют 25. Продолжительность наблюдения не везде одинакова. К сожалению также отсутствуют беспрерывность наблюдений, что значительно осложняет выявление особенностей режима ливней. Вместе с тем, накопленные материалы позволяют в значительной мере уточнить современные наши представления о ливнях. Мы нисколько не сомневаемся, что такое положение присуще и другим горным странам.

Обработка материалов плювиографов производилась независимо от числа лет наблюдения. Записи плювиографов обрабатывались только по характерным /переломным/ точкам. Дополнительная обработка записей дождей по равным часовым интервалам не производилась, так как обработка по характерным точкам полностью отображает кривую хода дождя. Отбор ливней, подлежащих дальнейшей обработке производился в соответствии с нормами Э.Ю.Берга, опубликованными в его работе "О ливнях и обильных дождях в Европейской России" /Петербург, 1905/.

Обычно средняя интенсивность дождя /i_T/ и слои осадков /H_T/ за наиболее интенсивную часть дождя продолжительностью мин. вычисляется по формуле.

$$i_T = \frac{S}{(T+1)^{2/3}} \text{ мм/мин}$$

$$H_T = iT = \frac{ST}{(T+1)^{2/3}} \approx ST^{1/3} \text{ мм} \ldots (1)$$

или при исчислении T в часах

$$H_T = S(60T)^{1/3} \text{ мм} \ldots . (2)$$

Максимальная интенсивность дождя повторяемостью один раз в N лет выражается формулой:

$$S = A + B \lg N$$

где A и B - ливневые параметры.

Физический смысл этих параметров различен:

A - представляет собой общий ливневой коэффициент,

B - коэффициент, выражающий повторяемость ливней в данном районе.

В практике гидрологических расчетов в СССР для установления зависимости между интенсивностью ливня, продолжительностью и повторяемостью широко применяется формула

$$i = \frac{A + B \lg N}{t^n} \ldots (3)$$

где i - наибольшая средняя интенсивность ливня в мм/мин, выпадающих один раз в N лет,

t - продолжительность ливня в минутах,

n - показатель степени, равный тангенсу угла наклона прямой,

характеризующий ряд ливней по их интенсивности и продолжительности, изображенный в логарифмической сетке и вычисленный по методу наименьших квадратов.

Формула /3/ дальнейшими исследованиями несколько преобразована и она имеет вид:

$$i = \frac{A + B \lg N}{(t+1)^n} \quad \ldots \quad (4)$$

Показатель степени n на основе обработки фактических материалов по Крыму и Кавказу получен равным 0.68-0.50, а для равнинной части Союза 0.67, т.е. 2/3. Для сохранения единого принципа по СССР нами принят также равным 0.67.

Как видно из формулы /4/, параметры А и В являются функцией i, t, p /p-повторяемость ливня/.

Впервые, на основе кропотливых разработок, параметры А и В для европейской территории СССР и Кавказа были вычислены З.П. Богомазовой и З.П.Петровой. Результаты исследований были ими опубликованы в 1941 г. Разумеется в тот период наблюдения над ливнями были недостаточны и качество материалов низкое. Поэтому ливневые параметры были определены лишь для ограниченного количества пунктов горных районов, а по Азербайджану всего по трем пунктам: Астара, Закаталы, Куткашен, Сами авторы, признавая низкое качество и недостаточность фактических материалов, значение ливневых параметров для этих пунктов считали приближенными. В практике гидрологических расчетов до сего времени из-за отсутствия других данных по Азербайджану значение этих параметров принимали за основу расчета максимальных расходов и вынуждено применяли их для любой части республики. В результате расчетные величины максимальных расходов или не оправдывали на практике, или не внушали доверия. В настоящее время мириться с этим положением нельзя, т.к. накопленные материалы наблюдений над ливнями позволяют расширить эти исследования и установить закономерность изменения интенсивности и частоты ливня, исходя из природных особенностей горной страны.

На примере Азербайджана и смежной с ней территории Армении вычислены новые значения параметров А и В для 29 пунктов, расположенных в различных физико-географических условиях.

Произведенными исследованиями установлено, что эти параметры также как и другие элементы природы в горных странах, изменяются в соответствии с вертикальной зональностью и экспозицией склонов. Поэтому применяемый принцип выбора значения параметров в горных странах по ближайшим пунктам на практике себя не оправдывает.

Анализ параметров А и В по территории Большого и Малого Кавказа в пределах Азербайджана позволил выявить наличие четырех зависимостей для А и трех зависимостей для В от высоты местности /рисунки I и II/.

В соответствии с экспозицией склонов происходит изменение ливневых параметров. Однако, темп изменения величин параметров на Большом и Малом Кавказе не одинаков и это объясняется главным образом направлением движения влагоносных ветров /таблица I/.

Таблица I.

Значения параметров А и В по высотным зонам.

Группа рек.	Параметры	Высотные зоны, м					
		200	500	I000	I500	2000	2400
Шахдаго-Карабахская.	А	I.65	3.05	4.20	3.95	3.I0	I.60
	В	4.00	3.80	3.35	2.95	2.60	2.25
Севано-Курдистано-Зангезурская	А	-	I,55	2.60	3.25	3.I0	I.60
	В	-	3.80	3.35	2.95	2.60	2.25
Южный склон Большого Кавказа	А	3.00	4.00	4,45	4.60	4.65	4.70
	В	4.95	4.85	4.75	4.60	4.45	4.35
Северный склон Большого Кавказа	А	2.75	2.80	2,60	2.35	2.00	I.70
	В	3.65	3.35	2.80	2.25	I.70	I.35

В Ленкоранской природной области режим ливневых параметров носит более сложный характер, обусловленный орографическими условиями этой области. Малочисленность пунктов с плювиографами не и позволяет выявить эту закономерность для этой территории.

Произведенные исследования позволяют притти к следующим выводам:

I. В практике гидрологических расчетов применение в настоящее время параметров силы ливня, рекомендованных в I94I году себя не оправдывает. Накопленные материалы и наблюдения над ливнями позволяют расширить эти исследования и установить закономерность изменения интенсивности и частоты ливня, исходя из природных особенностей горной страны.

2. Существующая рекомендация о принятии значения параметров силы ливня по ближайшим путям в горных странах себя не оправдывает. Это положение может считаться справедливым лишь для низменной части территории, в пределах репрезентативности пункта для данной территории.

3. Значения параметров силы ливня в горных странах изменяются в соответствии с высотой местности и экспозицией склонов горных хребтов. Поэтому выбор параметров должен быть произведен в соответствии с закономерностями изменения параметров от названных условий.

4. На современном этапе вопрос картирования параметров силы ливня для горных территорий является преждевременным.

В расчетах максимальных расходов немаловажную роль играет параметр, именуемый формой гидрографа . формы гидрографа находится в тесной взаимосвязи с характером паводка.

К исследованиям формы гидрографа на примере рек Северо-восточной части Малого Кавказа мы приступили в 1960 г.С этой целью на реке Ахынджачай /низкорасположенный водосбор/ был организован водомерный пост, где в период прохождения паводков производились учащенные наблюдения над ходом уровня паводка.

Обработка материалов исследований позволяет установить наличие двух форм гидрографов. В большинстве случаев они имеют форму треугольника, а в редких-прямоугольника. Прямоугольные гидрографы появляются на фоне основного паводка, в период прохождения которого выпадали менее интенсивные дожди.Пики этих паводков пологие, а амплитуда уровней незначительна.

В треугольных формах гидрографов подъёмы уровней происходят резко, амплитуда их большая /до 1 м/.

Коэффициент формы гидрографа зависит как от характера кривого подъёма / m / и спада / n /, так и от соотношения γ / периода подъёма к спаду, т.е.

$$f = \frac{(m+1)(n+1)}{(m+1)+\gamma(n+1)} \qquad (5)$$

В прямоугольных формах гидрографа m и n равняется единице, В таком случае

$$f = \frac{2 \cdot 2}{2+2\gamma}$$

По опытным данным для Советского Союза установлено,что для малых рек и логов с незначительным регулирующим влиянием $\gamma = 2.00$, для большинства средних и больших рек без значительной поймы $\gamma = 2.5$-3.0 и для больших рек лесной зоны со значительным подземным стоком и для рек остальных зон с широкими поймами $\gamma = 4.0$.

Наблюдения, произведенные на Ахынджачай показывают,что изменения значения зависит от продолжительности подъёма испада волны.

Так, например, для первого паводка, имевшего место I.IУ с 7 ч.00 до 2.УI - 2I ч.00 /амплитуда 69 см/ $\gamma = 5.0$. Для второго паводка с 4.УI /I7 ч/ до 5.УI /5 ч./ $\gamma = 4.0$, для третьего паводка с I0.УI /I9 ч./ до II.УI /I9 ч/ $\gamma = 5.5$.

Таким образом, для трех летних паводков при треугольной форме гидрографа среднее значение $\gamma = 4.0$.

Иными словами, значение γ для Ахынджачай равно значениям γ , установленным по опытным данным для больших рек.Основной причиной этого являются особенности геологического строения /преобладание трещиноватых пород/ и почти сплошная лесистость области формирования стока р.Ахынджачай,приводящая к естественному регулированию стока.

Приняв значение $\gamma = 5.0$ для весенне-летних паводков рек с низкорасположенными водосборами области северо-восточной части малого Кавказа, можно рекомендовать $f = 0.33$.

Осенней экспедицией I960 г.было установлено,что независимо от амплитуды уровня паводка гидрографы осенних паводков также, как и весенне-летних имеют треугольную форму. В отличие от весенне-летних, спад осенних паводков /хотя и маломощных/ носит более затяжной характер. Вследствие этого при значениях " m " и " n " равных единице, γ для паводка I0-I2 октября

составляет 2.70, а для 21-23 октября - 1.50. Среднее значение для осенних паводков может быть принято равным 2.20.

Отсюда коэффициент формы гидрографов осенних паводков составляет 0.62, т.е. он в два раза превышает значение f весенне-летних паводков.

Таким образом для генетически разных паводков весенне-летних и осенних - принятие одного значения, коэффициента формы гидрографа /как это делалось до сих пор/ - неверно. Поскольку годовые максимумы расходов падают на весенне-летний период, необходимо к подбору f подойти дифференцированно. Возможны случаи, когда наибольший годовой расход может наблюдаться осенью. Форма гидрографа этого паводка очевидно будет аналогична весенне-летней. В последнем случае коэффициент формы паводка может быть принят, как весенне-летний. Последующими исследованиями это предположение должно быть специально изучено.

Таблица I

Значения параметров А и В по высотным зонам

Группа рек	Параметры	Высотные зоны, м					
		200	500	I000	I500	2000	2400
Нахдаго-Карабахская	А	I.65	3.05	4.20	3.95	3.I0	I.60
	В	4.00	3 .80	3.35	2.95	2.60	2.25
Севано-Курдистано-Зангезурская	А	-	I.55	2.60	3.25	3.I0	I.60
	В	-	3.80	3.35	2.95	2.60	2.25
Южный склон Большого Кавказа	А	3.90	4.00	4.45	4.60	4.65	4.70
	В	4.95	4.85	4.75	4.60	4.45	4.35
Северный склон большого Кавказа	А	2.75	2.80	2.60	2.35	2.00	I.70
	В	3.65	3.35	2.80	2.25	I.70	I.35

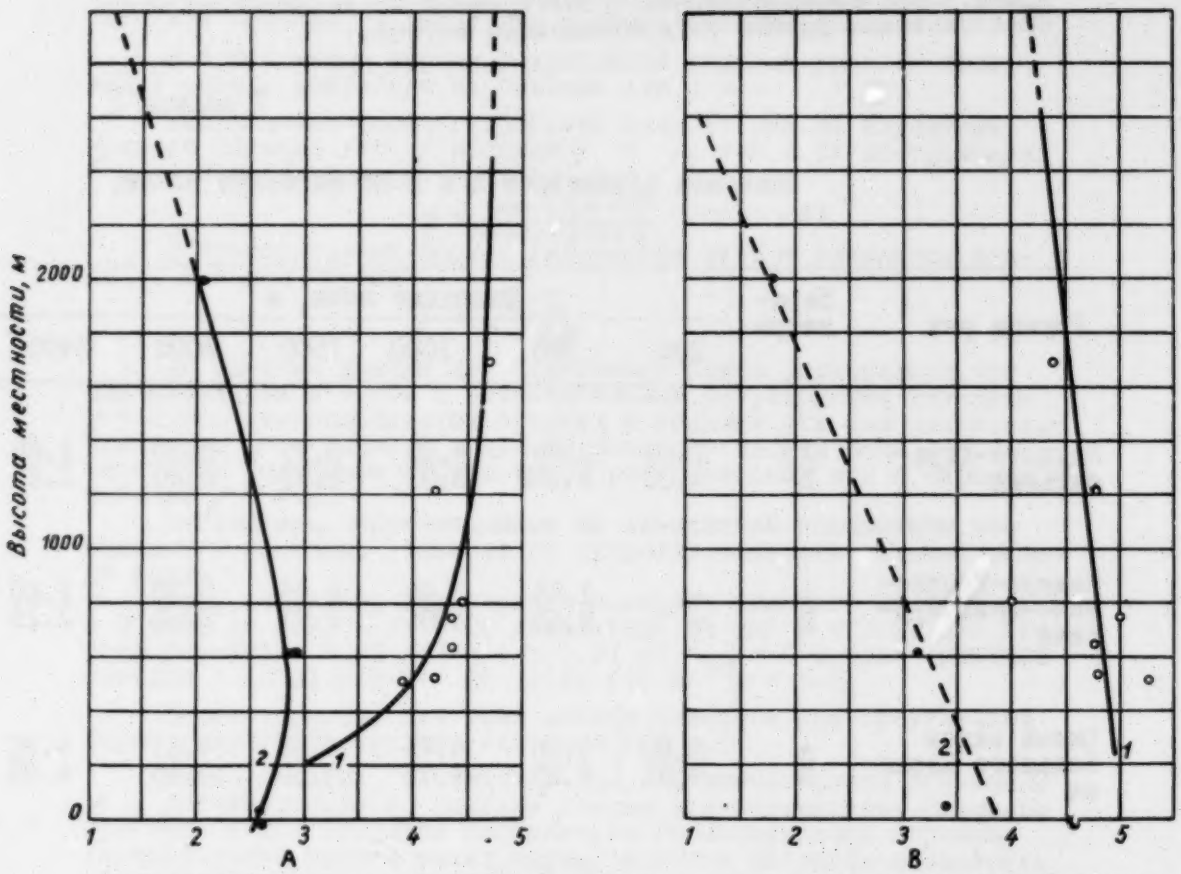


Рис. I. Зависимость параметров силы ливня к формуле $S = A + B \lg N$ от высоты местности в области Б. Кавказа

• 1 - южный склон Главного Кавказского хребта; • 2 - северный склон Главного Кавказского хребта.

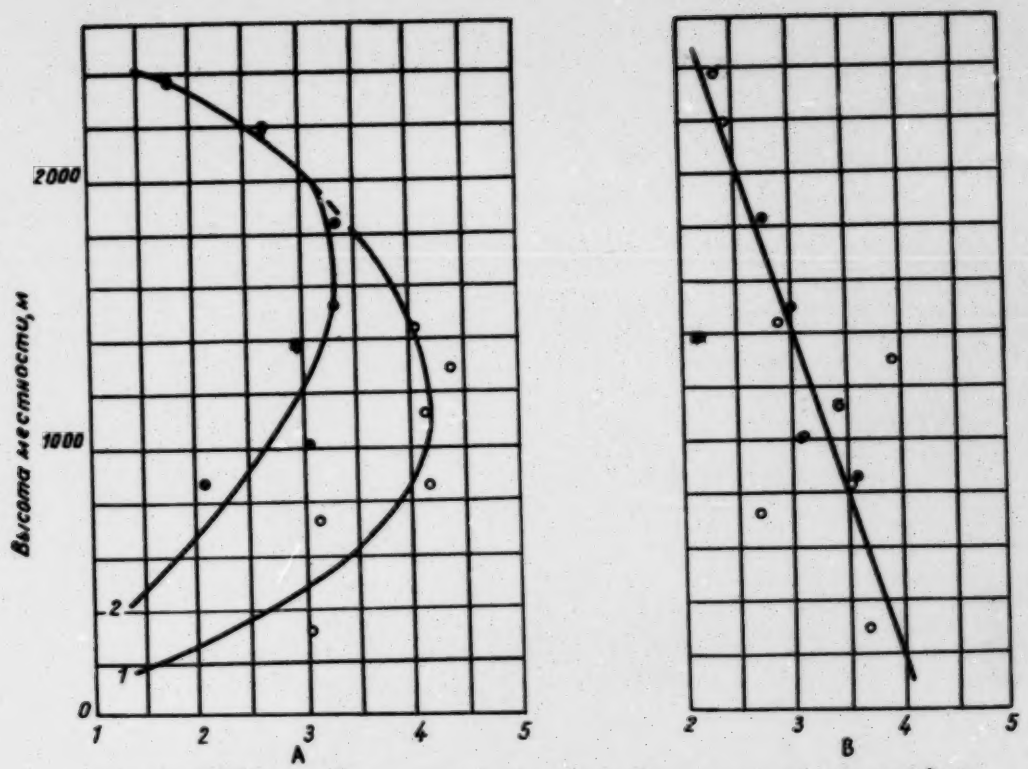


Рис. II. Зависимость параметров силы ливня к формуле $S = A + B \lg N$ от высоты местности в области Малого Кавказа

• 1- реки Шахдаг-Карабахской зоны; • 2- реки Севан-Курдистанско-Зангезурской зоны.

1535 R - Nov.1962 - 600

E/CONF.39/A/326
2 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.5.1.2

France

METHODES DE PROSPECTION : METHODES DE PROSPECTIONS GENERALES DES MINERAIS URANIFERES

Par A. GANGLOFF,

et J. HINAULT,
Commissariat à l'Energie Atomique,
France

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

Méthodes de prospection

Méthodes de prospections générales des minerais uranifères

par A. GNAGLOFF et J. HINAULT Commissariat à l'Energie Atomique (France)

La première étape de la recherche de gisements d'U dans une région donnée consiste à faire une prospection générale destinée à montrer si cette région contient ou non des indices de minéralisation uranifère. Cette prospection générale, bien qu'elle ne soit pas forcément exhaustive, peut et doit permettre de porter un jugement sur les possibilités uranifères de la région. Dans les cas favorables cette première phase se termine donc par une sélection des indices jugés les plus intéressants, et par l'établissement d'un programme de prospections et d'études plus détaillées, de sondages et de petits travaux miniers de reconnaissance.

Depuis 1946, le C.E.A., que ce soit au titre de ses programmes ou dans le cadre d'accords de coopération technique, a dû aborder les problèmes de la prospection dans des pays de caractères géologiques et géographiques extrêmement variés.

I -Incidence des caractères géographiques.

Pour déterminer la méthode de prospection à employer, il y a lieu de considérer :

- la zone climatique de la région : forêt équatoriale, ou désert intégral, ou savanes variées ;

- l'éloignement de la mer ou d'une grande voie de communication;

- les voies d'accès et de pénétration qui déterminent le rythme et le coût des prospections au sol ;

- la densité des populations qui, si elle est assez forte et homogène, peut grandement faciliter le travail des équipes de prospection, en leur apportant de la main d'oeuvre, des possibilités de ravitaillement local et de multiples renseignements sur la région.

En outre, il est nécessaire de choisir la méthode en fonction des superficies que l'on se propose d'étudier.

II -Choix des régions à prospecter - La synthèse photogéologique.

En 15 ans les critères géologiques à la base de l'orientation des prospections de l'U vers une région plutôt qu'une autre ont rapidement évolué.

L'absence d'intérêt économique des pegmatites à minéraux uranifères est vite apparue. Les filons hydrothermaux, en liaison avec des granites, n'ont apporté, en ce qui concerne nos recherches, de gisements d'intérêt économique qu'en France. En même temps que les grandes zones de failles et de mylonites, les conglomérats des terrains anciens ont retenu notre attention, mais jusqu'ici sans succès.

Depuis quelques années les prospections en Afrique et à Madagascar sont franchement orientées vers les grès continentaux, dans les grands bassins sédimentaires quel que soit l'âge de ces formations : précambrien comme le Francevillien de la République du Gabon,

ou Secondaire comme le Continental Intercalaire de la République du Niger.

En résumé, à la recherche des gîtes filoniens et hydrothermaux, nous avons ajouté celle des gîtes stratiformes.

Dans beaucoup de pays neufs, on ne dispose généralement que de cartes géologiques de reconnaissance, établies à la suite de levers à maille assez grande. Malgré l'intérêt de tels documents la prospection de substances minérales a besoin de documents plus détaillés. Fort heureusement, beaucoup de régions d'Afrique francophone et de Madagascar ont été, au cours des années passées, couvertes par des photographies aériennes. En utilisant ces deux sortes de documents, cartes de reconnaissance et photographies aériennes, le photogéologue peut réaliser une carte photogéologique qui délimitera les principales formations d'après leur faciès photogéologique et qui indiquera de nombreuses structures (failles, alignements, pendages). Une telle synthèse est très précieuse comme document de base pour orienter les prospections.

III - Les techniques de prospection générale de l'U

a) La radiométrie. Le rayonnement gamma émis par les minéraux d'U est encore la propriété la plus utilisée par leur prospection. Au sol, il permet de déceler immédiatement de très faibles quantités d'U et de juger, dans une certaine mesure, de leur intérêt à l'aide d'appareils portatifs. Ceux-ci ont dû être adaptés à des conditions climatiques très variées, et être rendus moins sensibles aux effets de l'humidité atmosphérique et de la température.

Dans les pays où il est possible de parcourir un réseau assez serré d'itinéraires au moyen d'un véhicule tout-terrain, on monte sur celui-ci un détecteur scintillométrique muni d'un système d'enregistrement ou d'un avertisseur sonore ou visuel. Ce procédé permet des reconnaissances rapides et bon marché.

Pour des régions étendues et dont le survol à basse altitude est possible, on utilise un équipement aéroporté qui comprend un scintillomètre très sensible, un système d'enregistrement, une caméra à défilement continu et une radio-sonde altimétrique. Le tout est monté sur un avion léger. Les vols sont effectués suivant des profils systématiques, à une vitesse d'environ 200 km/h et à une altitude moyenne de l'ordre de 75 mètres. On obtient ainsi des enregistrements de radioactivité dont l'examen est conjugué avec celui des films, pour le repèrage des anomalies et avec celui des enregistrements altimétriques pour les corrections à effectuer en fonction des variations de la hauteur de l'avion par rapport aux accidents du relief.

Cette méthode permet donc une exploration de très vastes surfaces dans un délai très court et à prix de revient unitaire faible. Elle exige un personnel hautement spécialisé et un équipement important et coûteux.

La prospection aéroportée est moins efficace dans les régions de grande forêt où le repérage des anomalies est très difficile. Dans les pays à relief tourmenté, on a pu substituer à l'avion un hélicoptère, mais l'équipement porté doit être simplifié; le rayon d'action est faible et le prix de revient augmente considérablement.

Ces prospections aéroportées et l'examen des documents qu'elles permettent d'établir, conduisent en définitive à sélectionner des anomalies qui seront vérifiées une à une par une prospection aéroportée plus détaillée ou par une étude directe au sol.

b) La géochimie. Rappelons que la prospection géochimique est basée sur le fait qu'une concentration uranifère est entourée dans la zone d'altération par une "auréole" et des "traînées de dispersion" dans les cours d'eau situés en aval. Cette auréole et ces traînées sont dites secondaires, car il y a, à partir de la concentration, lessivage de l'U;

transport (mécanique sous forme de fines particules minérales, et surtout sous forme de sels dissous dans les eaux courantes); puis dépôt ou fixation dans un matériau argileux ou argilo-humique. Il se forme ainsi des anomalies géochimiques d'U, dont la teneur est couramment 10 fois la teneur de base. De telles anomalies sont facilement décelables; elles peuvent même se produire en aval d'une concentration de minéraux d'U qui n'affleure pas. Elles sont étendues, c'est-à-dire que les traînées de dispersion s'allongent dans les lits des cours d'eau sur quelques centaines de mètres à quelques kilomètres.

Au stade de la prospection générale, on prélève à chaque cours d'eau traversé par les itinéraires, au moins un échantillon d'alluvion, et éventuellement un échantillon d'eau. Enfin, dans certains cas, on prélève à faible profondeur un échantillon de sol. Ces échantillons sont ensuite envoyés à l'analyse.

Le dosage fluorimétrique des traces d'U contenues dans les sols, les alluvions et les eaux est très adapté : c'est-à-dire suffisamment précis, relativement simple, rapide et économique. Ces analyses peuvent être faites par un personnel rapidement formé, et dans des laboratoires de campagne montés sur camionnette. Des fluorimètres portatifs sont à l'étude.

La prospection géochimique a une sélectivité absolue et offre le maximum de sensibilité. Elle permet d'utiliser et d'intéresser le personnel local plus que la prospection aérienne, technique très spécialisée et délicate à mettre en oeuvre. Les prélèvements géochimiques de sols et d'alluvions peuvent enfin être analysés pour rechercher d'autres métaux que l'U. Mais la prospection géochimique, par rapport à la prospection aérienne, est relativement lente, donc plus coûteuse par unité de surface. De plus, beaucoup d'anomalies géochimiques ne sont pas significatives d'un gisement d'intérêt économique, mais peuvent correspondre au contraire à de faibles dispersions ou à des concentrations superficielles d'uranium.

La prospection géochimique peut très utilement se conjuguer avec une prospection autoportée ou au sol.

c) Dosage du radon dans les sols

Cette méthode a connu des fortunes variables. Cependant elle présente un intérêt certain et quand le mode opératoire simple actuellement mis au point aura été davantage expérimenté, le dosage du radon pourra sans doute être associé efficacement aux prospections au sol radiométriques et géochimiques.

Nous ne parlerons pas ici des techniques géophysiques telles que la résistivité, le magnétisme ou la sismique, car elles ne sont mises en oeuvre que dans des phases ultérieures de la prospection (étude détaillée d'indices).

IV -La maille des prospections générales

En prospection générale, il s'agit simplement d' "accrocher" un district uranifère, par la découverte de quelques indices qui peuvent être des minéralisations exprimées ou des anomalies aériennes ou géochimiques significatives.

Etant donné, soit le nombre des indices d'un district uranifère qui affleurent en région désertique ou même de savane , soit la longueur des traînées de dispersion géochimique en aval d'un gisement en forêt équatoriale ou en savane, on a une bonne probabilité d' "accrocher" un éventuel district par des profils de prospection espacés de 1 à 2 km.

L'adoption de cette maille de prospection est l'unedes options fondamentales les plus difficiles, car elle fait intervenir des considérations purement géologiques, métallogéniques en particulier, et des considérations économiques et financières.

V - Méthode de prospection et prix de revient

La méthode de prospection sera donc un compromis entre la précision et l'efficacité des prospections d'une part, leur rapidité et leur coût d'autre part.

L'exécution des prospections. Dans ces conditions, la prospection doit être appréciée en termes économiques de rendement, d'avancement, de prix de revient. Une prospection "vagabonde", au flair et au hasard n'est pas une technique industrielle. On attend d'une prospection moderne :

- un grand rendement obtenu par l'application d'une méthode mise au point par un service spécialisé et dont les normes moyennes d'avancement et de rendement ont été fixés par l'expérience;

- une reconnaissance valable, qui est définie par la maille des prospections, le nombre et la répartition des renseignements obtenus par les techniques de prospection qui, dans la majorité des cas, nous ont paru les plus pratiques et les plus efficaces, radiométrie gamma au sol ou aéroportée, et géochimie.

L'interprétation des anomalies. Pour l'exploitation des nombreuses données apportées par ces travaux, l'expérience, l'étude géologique, la réflexion et la documentation sont à la base des raisonnements par analogies, des choix et, en définitive, des appréciations que le géologue devra porter sur les anomalies et les indices. Dans ses conclusions, il indiquera lesquels lui paraissent les plus favorables et il proposera des travaux complémentaires.

A titre d'exemple, l'exploitation des résultats bruts donnés par la prospection aérienne générale implique une sélection des anomalies de manière à éliminer celles qui, selon toutes probabilités, ne sont pas significatives d'un gisement et qui, par conséquent, ne nécessitent pas de reconnaissances au sol. Cette opération d'importance cruciale fait appel à des notions et à des méthodes très élaborées.

Il en est de même, en particulier, pour l'interprétation des anomalies géochimiques.

L'association des techniques de prospection. Il va sans dire que plusieurs méthodes peuvent être appliquées conjointement lors de la même campagne de prospection. Il s'agit, en effet, de profiter au maximum de l'installation d'une équipe de prospection, c'est-à-dire de tirer le meilleur parti des dépenses consenties pour cette installation en augmentant l'efficacité de la reconnaissance.

Conclusion.

En définitive, la prospection de l'U, le choix et l'adaptation des méthodes restent autant d'opérations de caractères scientifiques, qui mettent en cause des disciplines très variées : la géologie sous ses aspects les plus divers (métallogénie, tectonique, stratigraphie, sédimentologie, minéralogie), la chimie, la physique (celle des rayonnements en particulier), ainsi que toutes les techniques hautement spécialisées qui permettent la réalisation des appareillages et leur mise en oeuvre.

Les méthodes de prospection sont donc le résultat de la collaboration de spécialistes de disciplines nombreuses.

1593 F - Nov. 1962 - 1,000

E/CONF.39/A/327
2 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3.1.2.

Italie

PRINCIPES GENERAUX ET MODALITES PRATIQUES POUR L'INSTALLATION D'UN RESEAU DE STATIONS HYDROGRAPHIQUES

Par le Dr Curzio BATINI,
Ingénieur,
Président de Section du Conseil Supérieur
des Travaux Publics,

et le Dr Tomaso GAZZOLO,
Ingénieur en Chef du Génie Civil

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

PRINCIPES GENERAUX ET MODALITES PRATIQUES POUR L'INSTALLATION D'UN RESEAU DE STATIONS HYDROGRAPHIQUES

Par l'Ing. Dr.Curzio Batini, Président de Section du Conseil Supérieur des Travaux Publics et l'Ing. Dr. Tomaso Gazzolo, Ingénieur en chef du Génie Civil.

°°O°°

La connaissance statistique des valeurs naturelles d'un Pays représente, sans aucun doute, la meilleure garantie pour chaque initiative concernant l'exploitation des ressources hydrauliques de ce pays, et sera certainnement favorisée par un bon résultat.Par conséquent l'institution d'un vaste réseau de stations hydrographiques dans un Pays "sous-développé" et son fonctionnement régulier, seront certainnement des conditions nécessaires et indispensables pour la préparation de tout programme d'ouvrages publics de nature hydraulique,susceptible d'améliorer les conditions économiques et sociales du pays en question et de rendre possible son développement industriel.-

Dans notre brève note nous voulons illustrer certains critères pratiques pour l'organisation d'un tel réseau de stations, basés sur ce qui a été déjà réalisé en Italie pendant une période d'une quarantaine d'années d'expériences spécifiques.-

Il est naturel que chaque indication pourra avoir seulement un caractère général, par le fait que le manque de connaissance de nouvelles de nature hydrographique de la région sur laquelle on pense d'intervenir, ne permet pas d'effectuer un examen détaillé.-

Ceci posé il semble nécessaire d'établir à priori quels devront être les éléments d'observation qu'on devra examiner dans les stations du réseau qu'on se propose d'établir.-

Il n'y a aucun doute qu'au début ces observations devront être limitées, en ce qui concerne les facteurs météorologiques, seulement aux précipitations atmosphériques (de toute nature) et à la température de l'air, pour le fait qu'ils sont étroitement liés, même selon une mesure diverse, avec le régime et la grandeur des débits superficiels et souterrains et en renvoyant à un deuxième temps, soit l'augmentation éventuelle du nombre de celles-ci, soit l'extension des observations à d'autres facteurs météorologiques.-

La réalisation de ce programme selon des phases bien distinctes est conseillée, outre que par des simples nécessités prati-

ques, aussi par la possibilité évidente d'individuer avec les temps et au fur et à mesure que les observations continuent, les zones et les bassins qui méritent une étude particulière par rapport à l'urgence des interventions qu'on devra effectuer sur ceux-ci et leur exploitation rapide.-

Par conséquent dans la première phase que nous voulons illustrer nous pourrons effectuer: un réseau thermopluviométrique et un réseau de stations hydrométriques et pour la mesure des débits.-

RESEAU THERMO-PLUVIOMETRIQUE

C'est sans doute celui d'une réalisation plus facile et immédiate, mais en même temps celui qui demande l'implantation d'un plus grand nombre de stations.-

En ce qui concerne la densité des installations, il vaut la peine de rappeler qu'il serait opportun que cette densité ne descende pas au dessous d'une station tous les 150 ÷ 200 Km^2.-

On pourrait objecter que pour le but des calculs hydrologiques il n'est pas nécessaire, en général, une connaissance immédiate et aussi détaillée des phénomènes thermiques qui, par contre, est requise pour les phénomènes pluviométriques/ On doit cependant tenir compte de l'importance que ces temps derniers ont pris les évaluations hydrologiques basées sur la connaissance des précipitations ainsi que celle détaillée des températures et d'un élément climatique telle "l'évapotranspiration".-

En outre, là où l'on doit installer une station pluviométrique et rechercher son observateur, on peut, sans difficulté, et avec une dépense limitée compléter la station même avec des instruments propres à relever, dans cette localité, aussi la température de l'air.-

Les instruments de mesure des précipitations plus connus et d'emploi plus facile sont:

a) - le pluviomètre normal

b) - le pluviomètre totalisateur pour le relevé à une cote élevée des précipitations de neige et pour la mesure de l'eau de fusion.

c) - le pluviomètre enregistreur ou pluviographe.

Il faut préciser que l'"optimum" serait de pouvoir disposer dans chaque station d'un appareil enregistreur accouplé par un pluviomètre commun.-

Pour l'emplacement des stations on devra avoir soin de les installer en proximité de quelque maison d'habitation afin d'as

surer la continuité des observations et, lorsque ceci n'est pas possible, avoir recours à l'emploi d'enregistreurs à longue échéance mais sûrement garantis contre tout endommagement.-

Aucune difficulté devrait subsister par rapport au choix des observateurs, car ceux-ci devraient dans la généralité des cas effectuer des opérations très simples comme le changement des diagrammes sur les appareils mécaniques, faire la lecture des pluies, de la température etc., c'est-à-dire des opérations qui demandent seulement un minimum de culture générale et qui peuvent être facilement illustrées.-

Pour les mesures de la température de l'air, l'instrument le plus convenable et en même temps moins délicat est réprésenté par un thermomètre à mercure à "maxima et minima" disposé dans un coffre spécial en bois dans lequel on pourra éventuellement placer un thermographe dans le cas où la connaissance, dans la région, de l'allure journalière des températures se rendait intéressant.-

Pour résumer, une station thermo-pluviométrique, dans sa composition la plus simple, sera constituée par: une cabine thermométrique avec un appareil relatif à lecture directe ou à enregistrement, un pluviomètre commun et, éventuellement, un pluviographe enregistreur avec abri métallique.-

Il existe aussi la possibilité de grouper les appareils dans une unique cabine météorologique.-

RESEAU HYDROMETRIQUE ET STATIONS POUR LA MESURE DES DEBITS

La présupposition indispensable pour chaque application technique dans le domaine de l'utilisation des ressources hydrauliques d'un Pays est représentée par la connaissance de l'allure des niveaux liquides des plus importants cours d'eau.-

L'institution d'un réseau de stations qui permet ces relevés, comporte évidemment des difficultés, en tenant compte des buts pratiques que l'on veut réaliser par l'utilisation des données receuillies.-

Une bonne norme de caractère général sera celle d'installer une série de stations hydrométriques de façon de soumettre à un contrôle tous les bassins d'une certaine importance, de leurs parties en montagne jusqu'à l'embouchure où à la confluence avec d'autres cours d'eau, et d'individuer l'emplacement convenable pour la construction de stations fixes pour la mesure des débits.-

Ces stations devront d'abord être aménagées sur les sections hydrographiquement les plus typiques des cours d'eau plus faci-

lement et immédiatement exploitables où sur les rivières qui ont besoin d'ouvrages de régulation: elles pourront être successivement et graduellement étendues de façon que chaque bassin principal d'une certaine ampleur dispose au moins d'une station et que pour les bassins plus vastes elles soient distribuées de façon de pouvoir permettre la détermination des débits sur les différentes parties de ces cours d'eau ayant des caractères morphologiques, géologiques, etc., divers pour arriver enfin à intéresser même un élément de quelques Kilomètres carrés de surface.-

L'étude des niveaux liquides pourra être réalisée d'abord à travers des lectures périodiques (journalières ou dans des cas spéciaux même pour des périodes plus courtes) sur des hydromètres constitués par des échelles graduées construites avec un matériel qui, selon les cas, sera reconnu le plus convenable du point de vue de la durée et le plus économique par rapport aux conditions locales (marbre, fer, ciment, etc.). Ces échelles seront par la suite intégrées par des appareils enregistreurs spécialement là où la succession des observations journalières fournit une représentation insuffisante des changements rapides et irréguliers des cours d'eau intéressés.-

Par contre en ce qui concerne la mesure des débits, ceux-ci seront effectués en ligne générale, au moyen d'un moulinet hydrométrique qui actuellement encore, quoique ayant subi de nombreuses modifications, est universellement reconnu comme l'instrument typique pour le relèvement de la vitesse d'un courant liquide.-

La construction de stations fixes pour la mesure des débits demande naturellement un certain temps et comporte des dépenses non indifférentes: par conséquent dans le but de disposer du plus grand nombre de données, nous serons forcés d'effectuer d'abord les mesures mêmes en utilisant les situations locales particulières soit par exemple l'existance de ponts ou de passerelles sur les cours d'eau intéressés ou la possibilité de disposer de ponts faits avec des bateaux, des radeaux etc. Malgré certains éléments d'incertitude que les données receuillies pourront présenter, il n'y a pas de doute que ceux-ci seront toujours utiles pour toute enquête ayant un caractère préliminaire.-

Les conditions locales et les caractéristiques hydrologiques du cours d'eau devront suggérer la convenance de la constitution d'une passerelle fixe en bois, en fer, en béton armé ou bien l'installation d'un téléphérique, disposé en travers du courant.-

Les mesures qu'on devra effectuer dans chaque station devront être d'un nombre suffisant pour permettre de tracer facilement "l'échelle des débits" et d'établir la succession des diverses époques.-

L'expérience acquise en Italie a démontré qu'une mesure mensuelle peut être, en général, suffisante dans ce but.-

Le régime d'un cours d'eau est notoirement caractérisé non seulement par l'allure et la grandeur de son débit liquide, mais aussi par les paramètres relatifs au transport solide, qui communément est défini en transport par charriage sur le fond et en transport "trouble".-

Par conséquent une contribution utile pour la connaissance de ce régime est représentée par l'étude et par la mesure des matériaux charriés sur le fond ou transportés en suspension dans les eaux fluviales.-

Cette étude en ce qui concerne le matériel en suspension peut être aisément effectuée en utilisant les stations fixes pour la mesure des débits et en prélevant dans la section liquide "les eaux troubles" au moyen d'un appareil spécial dénommé "sonde turbidimétrique".-

Le prélèvement dans des conditions normales pourra être fait une fois par jour et plus fréquemment pendant les crues.-

Pour l'évaluation de l'autre paramètre concernant le charriage sur le fond, on peut tirer des indications numériques du relevé de la grandeur du remplissage à l'arrière d'une bride d'aménagement de montagne ou de celui sur une tranchée ouverte en plein lit d'une rivière.-

Après avoir ainsi exposé brièvement la partie technique concernant l'installation d'un réseau hydrographique, il est nécessaire de dire à présent quelque chose en ce qui concerne la partie administrative et fonctionnelle de celle-là.-

En laissant de côté toute considération de nature particulière, mais en supposant un caractère organique de direction, on devra admettre l'existence d'un bureau ou direction centrale ayant comme but celui de pourvoir à la subdivision du territoire intéressé en un certain nombre de zones hydrographiques, d'établir un premier programme de travail pour ce qui concerne l'organisation du service, émaner des directives par rapport à la construction des diverses stations d'observation, à l'installation des appareils, à l'élaboration des données, c'est-à-dire à toutes les opérations relatives à la première phase de l'installation, ainsi qu'à la gestion économique et financière conséquente.-

De ce bureau dépendent les autres bureaux exécutifs déplacés un sur chaque zone dans laquelle le territoire a été subdivisé: à ces bureaux il sera demandé d'abord de s'occuper à l'installation des stations hydrographiques, au choix de la localité pour l'emplacement de celles-ci, au choix des observateurs locaux, à la récolte et à l'élaboration des données, à l'exécution des mesures de débits etc.-

Au moment de commencer un relevé systématique des données de nature hydrographique on devra avoir un soin particulier et une grande attention pour que les critères mêmes du relèvement résultent uniformes dans toutes les stations et conformes à ceux déjà effectués dans d'autres Nations.-

En effet dans notre période de relations internationales intensives on ne peut éviter de penser au grand intérêt que présente, dans le domaine scientifique, la possibilité d'une échange et de la comparaison des données receuillies dans les divers Pays.-

Pour la publication des données relevées il vaut la peine de rappeler ici la nécessité absolue qu'elle soit faite le plus rapidement possible, afin de rendre aussitôt utilisable pour les techniciens et les savants tout le matériel disponible.-

Dans le programme d'organisation d'un réseau hydrographique, actuellement ne devrait pas manquer la prévision d'un centre mécanographique situé dans la localité jugée plus convenable, afin d'y faire affluer les observations receuillies dans chaque station et effectuer toutes les élaborations possibles.-

Le fait de pouvoir disposer d'un tel centre permettra dans un futur prochain, c'est-à-dire lorsque le réseau hydrographique aura atteint un arrangement presque définitif, de divulguer journellement chaque semaine ou chaque mois les bulletins de nature météorologique ou hydrographique qui se sont révélés de grande utilité pratique et scientifique dans tous les Pays qui depuis longtemps en ont effectué la publication.-

Le bref exposé ci-dessus n'a certainnement la prétention d'avoir épuisé une question de telle importance et d'actualité comme l'institution et le fonctionnement d'un réseau de stations hydrographiques, questions qui nécessitera certainement un plus ample exposé.-

1618 F - Nov. 1962 - 1,000

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidds por ia Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

LOS PLANES DE APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS GRANDES RIOS DE LA PATAGONIA

Ing. Giorgio Mangano y Dr. Giovanni Bussi

1. Premisa

1.1 La estructura económica de la Argentina ha puesto a las autoridades responsables del desarrollo del País frente a la necesidad de establecer, en su política de desarrollo, algunos objetivos a los que debe asignarse prioridad absoluta:

a) la ubicación y aprovechamiento de los recursos naturales existentes en el País no utilizados hasta el momento o insuficientemente valorizados desde el punto de vista económico;
b) la promoción de nuevos y equilibrados conjuntos socio-económicos regionales, mediante la descentralización de las inversiones, orientándolas hacia aquellas zonas del País que ofrecen mayores posibilidades de desarrollo;
c) la producción de mayores cantidades de energía eléctrica para el abastecimiento de la creciente industria nacional;
d) la diversificación de los productos agrícolas con respecto a los productos tradicionales de La Pampa (carne, cereales y oleaginosas) habilitando nuevas tierras con características ecológicas más aptas para los nuevos tipos de cultivos (frutas, hortalizas, etc.).

1.2 Las autoridades públicas argentinas han identificado a la región Norpatagónica como la que ofrece mayores posibilidades de contribuir a la satisfacción de las exigencias mencionadas en el inciso anterior en razón de sus recursos naturales y su ubicación geográfica. Así, en 1961, la Co. T. I. R. C. (Comisión Interprovincial del Río Colorado) y el Honorable Senado de la Nación (Comisión Especial para el Desarrollo del Comahue) confiaron a las sociedades ITALCONSULT de Roma y SOFRELEC de París la realización de un estudio y la elaboración de un plan preliminar de aprovechamiento integral de las cuencas hidrográficas del Río Colorado y del Río Negro.

1.3 Los resultados de los dos estudios completados y aprobados en los primeros meses de 1962 se ilustran brevemente en las páginas siguientes, en las que se consignan las condiciones físicas fundamentales, los principios generales seguidos en los estudios, los objetivos principales perseguidos y las soluciones técnicas que parecieron corresponder mayormente a estos objetivos.

2. Las cuencas hidrográficas

2.1 Las dos cuencas antes mencionadas y sus relativas zonas de influencia forman una vasta franja de unos 350.000 km^2, que se extiende de los Andes al límite con Chile hasta el Océano Atlántico. Esta franja se encuentra en la parte septentrional de la más amplia región meridional argentina, de clima árido o semiárido, que se extiende desde La Pampa (paralelo 40º) hasta la Tierra del Fuego y que es conocida con el nombre de Patagonia. Esta región está constituída en sus dos terceras partes por mesetas áridas o semiáridas con clima continental, templado y seco con características desérticas. En efecto, exceptuando una pequeña franja Andina de unos 100 km de ancho, en la que se alimentan los ríos y donde el régimen de las precipitaciones está caracterizado por lluvias abundantes (hasta los 3.000 mm), en todas las demás zonas del territorio las lluvias no superan los 200 mm anuales, aumentando en algo cerca del Atlántico (300 mm a lo largo de la costa). Resulta de esta situación climática que, exceptuando una pequeña franja de la costa atlántica donde pueden cultivarse cereales, la actividad agrícola está condicionada por la disponibilidad de agua.

2.2 La principal actividad económica de la región es la agricultura de riego a lo largo de los ríos y, en menor proporción, la cría extensiva de ovinos, caprinos y bovinos, que se realiza en casi todo el territorio, y una proporción reducida de agricultura de secano cerca de la costa atlántica. Sigue en orden de importancia la industria extractiva cuya mejor manifestación son los yacimientos petrolíferos y de gas de Plaza Huincul, en la provincia de Neuquén, con una producción actual de aproximadamente 1.400.000 m^3 anuales de petróleo o equivalente. La población de todo el territorio no supera los 400.000 habitantes, y se encuentra mayormente concentrada a lo largo de los perímetros de riego de los dos ríos.

2.3 Esta área dispone de importantes recursos naturales todavía inutilizados, que pueden resumirse en:

a) existencia de grandes cursos de agua (Río Colorado, 143 m^3/seg; Río Negro, 1.100 m^3/seg) que pueden utilizarse sea para el riego o para la generación de energía hidroeléctrica y, eventualmente, para la navegación (Río Negro);
b) grandes extensiones de suelos regables (hasta los 2 millones de hectáreas) y un clima templado que, junto con las aguas de los ríos, pueden convertir esta región en la zona de riego de clima templado más importante de toda América Latina;
c) la existencia de yacimientos mineros y de hidrocarburos que hacen prever un futuro desarrollo industrial de la región.

2.4 El aprovechamiento de estos recursos puede representar un factor determinante para el desarrollo económico y social de la Argentina, por cuanto puede satisfacer las principales exigencias ilustradas en el párrafo 1.1, a saber:

a) crear nuevos asentamientos de población y actividades económicas;
b) producir grandes cantidades de energía eléctrica a costos competitivos con respecto a otras fuentes de producción energética;

c) desarrollar una producción agrícola de clima templado cuya mayor parte podrá exportarse principalmente en el continente latinoamericano;
d) contribuir al mejoramiento de la Balanza de Pagos, ya sea por medio de la exportación de los productos agrícolas y, eventualmente, de los productos industriales (químicos y metalúrgicos), o sustituyendo las importaciones poniendo a disposición de la industria nacional materias de primera importancia (energía, hidrocarburos, minerales) y productos industriales semielaborados en la región y que actualmente se importan.

2.5 Al estudiar los diferentes aspectos de los elementos que podían determinar el desarrollo regional, el aprovechamiento integral de los recursos hídricos resultó ser el factor más dinámico. Este permitía, en efecto, ampliar la zona de riego para fines agrícolas, producir grandes cantidades de energía a condiciones convenientes y proteger las poblaciones y los bienes contra los peligros de las crecidas y eventualmente abrir una nueva vía de penetración con la navegación (Río Negro).

2.6 La elaboración de los dos planes de aprovechamiento integral pudo efectuarse en base a una cantidad considerable de datos objetivos de carácter hidrológico, geológico y climático cuya mayor parte se había recogido anteriormente. Sin embargo, quedaban todavía lagunas inevitables. La definición de los planes con suficiente seguridad ha sido posible gracias a la experiencia adquirida en el estudio de problemas semejantes en diferentes partes del mundo.

3. El Río Colorado

3.1 El aporte medio anual del Río Colorado puede establecerse en 143 m^3/seg. Un análisis de las superficies susceptibles de ser regadas en la cuenca ha permitido establecer que existen vastas zonas regables (un millón de hectáreas aproximadamente) que superan las posibilidades de riego de las aguas del río.

3.2 El aprovechamiento actual de los recursos hídricos resulta ser muy reducido (50.000 ha regadas) y no existe hasta hoy ninguna obra para la regulación de las aguas sea para fines de riego o energéticos. Los asentamientos de población son escasos, con una densidad de menos de un habitante por km^2.

3.3 El derrame medio anual de la cuenca del Río Colorado puede estimarse en unos 4.510 hm^3. Las curvas del régimen del río presentan características favorables para el riego puesto que la mayor parte de los períodos de aporte máximo coincide con los de mayor demanda de agua de riego; se notan, sin embargo, considerables variaciones en los derrames de un año a otro. Los estudios realizados demostraron que el máximo aprovechamiento del potencial hídrico del río para fines de riego requería una capacidad de 4.300 hm^3, lo que habría permitido utilizar para el riego el 91% del derrame medio anual. Este cálculo, efectuado sobre la base de un período de 20 años, señala solamente cuatro años de baja hidraulicidad en los que los déficits son del 38% para un año, del 18% para otro y entre el 8 y el 10% para los dos años restantes. Considerando las pérdidas y la necesidad de

dejar un volumen determinado en el río en los períodos en que no se efectúan erogaciones de agua para el riego, el volumen efectivamente utilizable se estimó en 3.650 hm^3. El total de la superficie regable con dicho volumen se estimó en unas 350.000 ha, de las que 50.000 ya se encuentran bajo riego y 60.000 ha son susceptibles de ser regadas con los caudales naturales, sin ninguna regulación.

3.4 Por lo que se refiere a la energía, un cálculo puramente teórico demostró que el límite máximo de los recursos hídricos utilizables para fines hidroeléctricos permitiría una producción anual de unos 17.000 GWh. Este cálculo lleva como condición la regulación anual y plurienal del río, efectuada exclusivamente en función de la producción de energía eléctrica.

3.5 El Río Colorado no presenta grandes peligros de crecidas y, por lo tanto, la capacidad de regulación a destinar a este fin es casi insignificante.

3.6 De todos los estudios realizados resultó que:

a) la cuenca del Colorado presentaba condiciones aptas para la elaboración de un plan de desarrollo conforme con los objetivos antes mencionados;
b) en particular el aprovechamiento con fines múltiples de los recursos hídricos del río representaba el punto focal del proceso de desarrollo del área y debía concentrarse principalmente sobre el riego de nuevas áreas;
c) en la elección de los territorios a regar era oportuno considerar la necesidad de distribuir en el área un número suficiente de polos de desarrollo que interrumpieran la franja desértica existente entre La Pampa y el Valle del Río Negro; debía considerarse, además, la necesidad de incluir, si posible, en el proceso de desarrollo, también zonas ubicadas fuera del área, pero que integraban las provincias ribereñas y en las que seguramente se habría realizado un aprovechamiento adecuado del agua (Mendoza).

3.7 Las soluciones técnicas fueron, por lo tanto, determinadas en función de los objetivos antedichos. Se consideraron también las posibilidades de producción hidroeléctrica, siempre dentro de los límites de la conveniencia económica en el cuadro de las perspectivas del mercado de energía. Se llegó a la conclusión de que, desde el punto de vista técnico era necesario:

a) crear una capacidad de regulación que asegurara el riego de un total de 350.000 ha (en la cuenca y fuera de la cuenca);
b) desviar un volumen hídrico de unos 950 hm^3 de la cuenca del Río Colorado a la cuenca del Río Atuel para el riego de las tierras de la provincia de Mendoza;
c) subordinadamente a los objetivos principales, y también con el objeto de obtener un mejor aprovechamiento de las obras de regulación para fines de riego, producir energía eléctrica siempre dentro de los límites de la conveniencia económica y de las posibilidades de mercado.

3.8 El esquema del plan de aprovechamiento integral se concentró, por lo tanto, sobre dos obras fundamentales: Portezuelo del Viento sobre el Río Grande en la alta cuenca, y Casa de Piedra sobre el curso medio del Río Colorado. A la primera obra se le atribuyó un diagrama principalmente energé

tico, a la segunda un diagrama de riego. En Portezuelo del Viento se estableció la capacidad de embalse en unos 3.000 hm^3, con una presa de 150 m de altura, equipada con una central de 160.000 kW (producción de 890 GWh), y con las obras de derivación hacia Mendoza. En Casa de Piedra se previó la construcción de una presa de 32 m de altura que permitía obtener una capacidad de 2.000 hm^3.

3.9 Las prioridades para la ejecución de las obras se fijaron en un calendario de ejecución que preveía, además de la inmediata puesta bajo cultivo de otras 50-60.000 ha cuyo riego es posible sin ninguna regulación, dos grandes etapas:

a) construir la presa de Casa de Piedra que, permitiendo utilizar 2.500 hm^3 de derrames, puede hacer ascender la superficie regada en la cuenca a 250.000 ha;
b) realizar la presa de Portezuelo del Viento y obras anexas para la producción de energía eléctrica y para completar la disponibilidad de agua para el riego de 30.000 ha en la cuenca y 70.000 ha en la provincia de Mendoza.

4. El Río Negro

4.1 El Río Negro tiene un aporte anual de unos 35.000 hm^3, lo que equivale a un caudal medio de 1.100 m^3/seg. Este río, que se desarrolla a lo largo de unos 650 km, tiene su origen en la confluencia del Limay (24.830 hm^3 - 800 m^3/seg) con el Neuquén (10.000 hm^3 - 300 m^3/seg).

4.2 En las condiciones actuales, es decir, en el estado natural en que se encuentra, y en función de los diagramas (anuales y plurienales) de los caudales, este recurso hídrico puede aprovecharse en forma muy limitada y constituye, sin embargo, un peligro constante de inundación del Valle. En efecto, considerando su régimen anual, el río presenta características de variabilidad muy marcadas, verificándose en distintos períodos del año situaciones que, bajo muchos aspectos, pueden considerarse negativas. Las crecidas superan frecuentemente los 4.000 m^3/seg, causando inundaciones y daños en algunas zonas del Valle; por otra parte, los caudales mínimos que, contrariamente a lo que acontece para el Colorado, se verifican precisamente en los períodos de mayor demanda de agua de riego, se reducen, en algunos años, a valores tan bajos que permiten, con el 100 % de seguridad, el riego de una superficie relativamente modesta (de 160.000 a un máximo de 180.000 ha) o sea, una pequeña parte de la superficie teóricamente regable con el caudal medio anual. Los dos fenómenos antedichos determinan la necesidad de crear una capacidad de regulación con el objeto de eliminar ya sea las crecidas como los períodos de estiaje y permitir así un mejor aprovechamiento de las aguas del río. Fue necesario, por lo tanto, examinar por separado las dos exigencias y sucesivamente la manera más oportuna para satisfacerlas conjuntamente tomando también en cuenta los posibles programas energéticos.

4.3 Los resultados de las observaciones efectuadas durante un período suficientemente largo demostraron que, ya sea para el Limay como para el

Neuquén (ambos considerados inmediatamente aguas arriba de su confluencia), los caudales máximos de las crecidas pueden alcanzar los 5.500 m^3/seg para cada río. Los caudales del Río Negro que se consideran peligrosos son los superiores a los 4.000 m^3/seg, por lo que el caudal debía ser reducido, mediante la creación de oportunas capacidades de embalse, a un máximo de 2.000 m^3 para cada cuenca. En base a los estudios efectuados, la creación de una capacidad de embalse de 3.200 hm^3 en el Bajo Limay demostraba estar en condiciones de reducir las crecidas dentro de un límite de 2.000 m^3/seg. En el Río Neuquén ya existe una derivación para la atenuación de crecidas cuya capacidad actual es de 1.000 m^3/seg. Dicha obra, sin embargo, no es susceptible de ser ampliada hasta la completa regulación de las crecidas del Neuquén y, por otra parte, no consiente la acumulación de aguas de crecidas para la sucesiva utilización para el riego en los períodos de estiaje. Por lo tanto, también el Neuquén requiere una capacidad de regulación de 2.300 hm^3. Surgía, por lo tanto, la necesidad de crear una ulterior capacidad de regulación del orden de los 2.300 hm^3.

4.4 Habiendo estimado los requerimientos medios de riego en 10.000 m^3/seg de agua por hectárea geográfica (incluyendo las pérdidas de distribución) los derrames totales del Río Negro podrían permitir teóricamente, considerando el año medio, el riego de 3.400.000 ha. Un estudio sobre la existencia de suelos regables ha demostrado que la superficie máxima susceptible de ser regada convenientemente no supera los 2.500.000 ha. Considerando los derrames integrales Limay-Neuquén, relativos a los 56 años hidrológicos para los que se dispone de observaciones (de 1903-1904 a 1958-1959), se ha llegado a la conclusión de que el total de los requerimientos (25.000 hm^3) para el riego de 2.500.000 ha podía satisfacerse con una capacidad de regulación de 5.300 hm^3, con la siguiente frecuencia:

a) con plena disponibilidad para el 80,3% de los años considerados;
b) con déficits variables entre el 1,1% y el 18% para el 12,5% de los años;
c) con déficits variables entre el 20,9% y el 34,9% para el 7,2% de los años.

Las frecuencias indicadas resultan perfectamente admisibles para el aprovechamiento de las aguas para el riego, puesto que los déficits superiores al 20% (que pueden efectivamente provocar perturbaciones en la economía de las explotaciones agrícolas) no se verifican con mucha frecuencia.

4.5 Un examen de las posibilidades de producción hidroeléctrica de toda la cuenca del Río Limay y de la del bajo Neuquén, ha permitido establecer que sería posible una producción de energía eléctrica del orden de los 20.000 GWh/año al costo de 0,0038 US$/kW. Estos valores demuestran que la cuenca del Río Negro puede producir una cantidad enorme de energía a precios de costo relativamente bajos. Las producciones antedichas exigen igualmente una regulación de los derrames mediante adecuadas capacidades que, sin embargo, deben estar coordinadas con las otras formas de aprovechamiento por lo que se refiere al aspecto técnico, económico y financiero.

4.6 Los estudios realizados demuestran que la navegación requeriría un cau-

dal continuo variable entre los 400 y 600 m^3/seg, es decir, del orden del 50% de los derrames medios del río, lo que perjudicaría considerablemente las disponibilidades de agua para el riego. Considerando los numerosos elementos todavía por estudiar para justificar la navegación, esta última no se ha tomado en cuenta en la distribución de los requerimientos hídricos. Sin embargo, si en el futuro resultara justificada, será siempre posible utilizar parte del agua de riego para este uso.

4.7 Un análisis coordinado de los requerimientos antedichos determinó la necesidad de establecer un primer orden de prioridad para la ejecución de las obras no sólo para definir la gradualidad del aprovechamiento, sino también para una más rápida remuneración del capital invertido. El orden de prioridad de las obras a realizar fue establecido principalmente en base a los objetivos que van acontinuación y que se juzgaron fundamentales para poner en marcha un verdadero proceso de desarrollo regional:

a) proteger el Valle contra las inundaciones mediante la eliminación de las crecidas, actuando necesariamente sobre ambos afluentes que forman el Río Negro (el Limay y el Neuquén);
b) disponer de capacidades de embalse para satisfacer las necesidades de una gradual extensión del riego;
c) producir suficiente energía como para satisfacer las necesidades de la zona y contribuir eficientemente a la solución de los problemas referentes al equipamiento del sistema del Gran Buenos Aires-Litoral a costos competitivos con respecto a las otras fuentes de producción energética;
d) hacer posible, eventualmente, la navegación en el Río Negro.

4.8 A la luz de estos objetivos se han examinado las posibilidades de regulación en las dos cuencas. Por lo que se refiere al Río Limay, este examen ha permitido identificar dos posibilidades de regulación equivalentes: por una parte, el embalse de El Chocón inmediatamente aguas arriba de su confluencia con el Neuquén y, por otra parte, una serie numerosa de presas emplazadas en la alta cuenca y en parte que coinciden con lagos naturales. El embalse de El Chocón, sobre todo por su favorable ubicación, permitía obtener, a costos inferiores, una mejor regulación de los caudales, por lo que se pensó que debía ser considerado con prioridad con respecto a los demás aprovechamientos del Limay. Para el Neuquén, en base a los estudios realizados, se identificó, como mejor localización, el embalse de Cerros Colorados que, mediante oportunas obras, utiliza una vasta depresión natural existente aguas arriba de la confluencia con el Limay. No se encuentra en la cuenca ningún embalse que se le pueda comparar debido a su elevada capacidad y su ubicación relativamente cercana a la de El Chocón. Para un primer aprovechamiento a fines múltiples de las aguas del Río Negro se han escogido, por lo tanto, los dos grandes embalses antedichos de El Chocón y de Cerros Colorados, dejando para una segunda etapa la realización progresiva de las otras obras a medida que se irán presentando nuevas exigencias. Las ventajas que los dos embalses indicados presentan con respecto a las otras soluciones posibles, examinadas separadamente en las dos subcuencas, resultan más notables y evidentes si se consideran conjuntamente como única obra interconectada. Considerando los dos embalses como un conjunto a realizarse simultáneamente y a explotarse en forma unitaria se realiza una considerable economía en los costos de construcción y una mayor elasticidad de explotación.

4.9 El conjunto El Chocón-Cerros Colorados (C. C. C.) permite en efecto:

a) garantizar los caudales necesarios para el riego mediante una conveniente regulación;
b) controlar completamente y definitivamente las crecidas del Limay y del Neuquén;
c) abastecer a la región con energía eléctrica a costos muy bajos y alimentar con energía el Gran Buenos Aires;
d) eventualmente contribuir a hacer posible la navegación;
e) facilitar la utilización de la red de riego y el abastecimiento de agua potable a los centros poblados mediante el depósito de los sedimentos sólidos en los embalses;
f) ofrecer importantes recursos al turismo, recreación y deportes.

4.10 Las obras de cierre del Río Limay, en la localidad de El Chocón, están constituídas por una presa principal de tierra con una altura máxima de unos 80 m y por una presa lateral de hormigón tipo gravedad aligerada. El volumen total del embalse es de unos 17.000 hm^3. La central hidroeléctrica está emplazada en la margen izquierda al pie de la presa de hormigón y está equipada con ocho grupos de 100 MW cada uno, uno de los cuales es de reserva. Su capacidad de producción en el año medio es de 3.300 GWh/año. Las obras del Río Neuquén están constituídas por una derivación desde el Neuquén que permite desviar las aguas del río hacia dos depresiones naturales, desde las cuales un canal de alimentación conduce las aguas hasta las obras de toma de la central hidroeléctrica ubicada sobre la margen del Río Neuquén en la localidad de Cerros Colorados. La capacidad total del embalse es de unos 43.000 hm^3. La central está equipada con tres grupos de una potencia de 100 MW cada uno. La capacidad de producción en el año medio, es de 1.500 GWh/año. La potencia del conjunto C. C. C. es de 1.100 MW, con una capacidad de producción, en el año medio, de 4.800 GWh/año. La transmisión de la energía hasta Buenos Aires está asegurada por una línea de transmisión de unos 1.100 km de longitud, constituída por dos ternas de 380 kV, una subestación de salida, dos intermedias y una de llegada, con una potencia máxima transportable igual a 900 MW.

4.11 El costo de las obras civiles, equipamiento electromecánico y línea se ha estimado en US$ 305,0 millones cuya financiación podrá efectuarse mediante préstamos en el exterior y aportes del gobierno local. Todos los préstamos podrán reembolsarse en un período de 10 años y las disponibilidades netas resultantes sólo de la venta de energía al mercado de Buenos Aires sumarán a U$S 36 millones anuales una vez satisfecho el servicio de la deuda.

5. Consideraciones conclusivas

5.1 Una vez establecidos los objetivos de los planes y escogidas las soluciones técnicas, se ha pasado a considerar también las consecuencias de orden económico y social que las obras mismas podían tener en el desarrollo de la economía regional. Se ha elaborado para las dos cuencas del Colorado y del Negro un programa preliminar que abarca hasta 1980, en el que se contempla la posibilidad de expansión de la zona de riego en toda la región en unas 350.000 ha, un equipamiento energético de unos 1.100 MW

y la creación de industrias basada esencialmente sobre el aprovechamiento de los recursos mineros y energéticos. Se ha evaluado también el orden de magnitud de las inversiones necesarias y las tasas de incremento del producto regional que éstas determinarían, como también los efectos sobre el ingreso y sobre la ocupación.

5.2 El desarrollo regional, dada la importancia de los problemas a resolver y de los medios a emplear, debía seguir una curva progresiva en la que se pudieran distinguir esencialmente dos etapas:

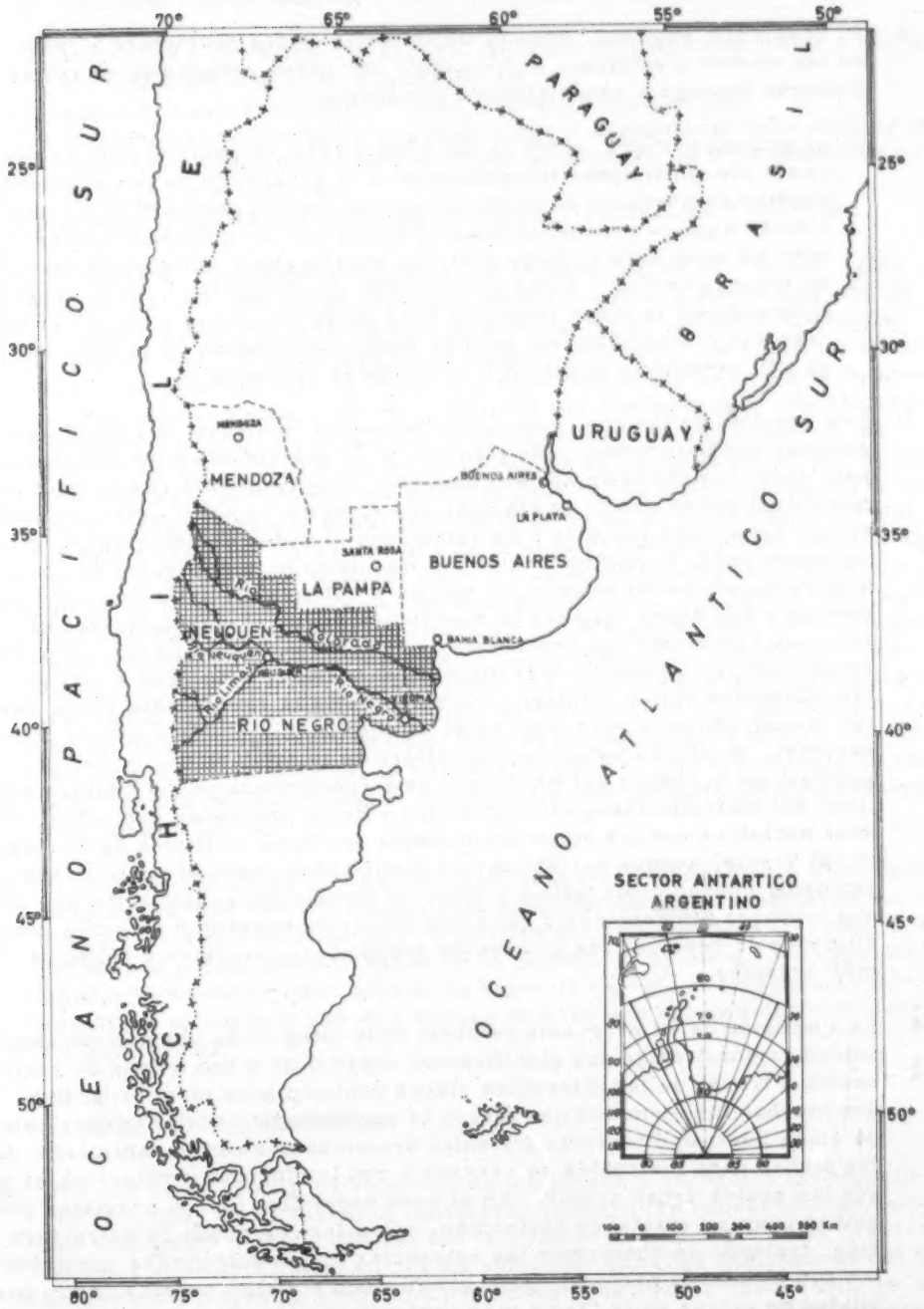
a) un primer período, entre el año 1962 y 1970, durante el cual se deberán crear las condiciones favorables para el desarrollo de las actividades económicas mediante el mejoramiento de las infraestructuras y la ejecución de algunos proyectos fundamentales que permitirán disponer sobre todo del agua para el riego y de una considerable cantidad de energía;
b) un segundo período, entre 1970 y 1980, en el que, en base al progreso alcanzado en la etapa anterior, será posible realizar programas más precisos y especialmente un más rápido incremento de la zona de riego y la creación y desarrollo de unidades industriales.

5.3 Los estudios de las dos cuencas han puesto en evidencia la gran utilidad de estudiar conjuntamente, más bien que en forma aislada y no contemporánea, todas las obras de aprovechamiento (especialmente si son con fines múltiples) con el objeto de efectuar una elección racional entre las diferentes soluciones posibles y de establecer el orden de prioridad más conveniente; pero, al mismo tiempo han demostrado la necesidad de una más amplia planificación nacional ya sea para obtener las orientaciones fundamentales que deben inspirar la concepción de los planes de desarrollo, ya sea para armonizar los resultados de los planes de cuenca individuales y establecer, en un cuadro más amplio, el orden de prioridad a asignar a las diferentes obras; también la evaluación de la rentabilidad puede resultar modificada en alguna manera si se sustituye la visión regional con la nacional. A título ilustrativo, la validez de la producción hidroeléctrica prevista en la cuenca del Río Negro está comprobada por el examen detallado del mercado energético argentino y de su previsible evolución. No debe excluirse que los aprovechamientos con fines múltiples de Portezuelo del Viento, aunque perfectamente justificados desde el punto de vista regional, queden postergados a favor de otros aprovechamientos que por sus mayores dimensiones y diferente ubicación presentan mayores posibilidades de resolver los problemas económicos, sociales y políticos más urgentes.

5.4 La ejecución de un programa de desarrollo integral de una determinada unidad regional exige una planificación coordinada y una unidad de realización a través de las diferentes etapas contempladas en el programa. Son muchos los ejemplos que ofrece la experiencia mundial en este campo y que ilustran diferentes sistemas armonizantes con la naturaleza de los planes para los cuales se crearon y con las formas institucionales según las cuales deben actuar. En el caso específico fueron previstas para ambas cuencas entidades autónomas, con diferente grado de estructuración, tratando de conformar las exigencias de las autonomías provinciales con el interés nacional, pero grantizando a dichos organismos la posibilidad de actuar en la forma más orgánica posible y con la máxima eficiencia ejecutiva.

REPUBLICA ARGENTINA

ZONAS DE INFLUENCIA DE LOS RIOS COLORADO Y NEGRO



No.2732

ITALCONSULT

1617 S - Nov. 1962 - 600